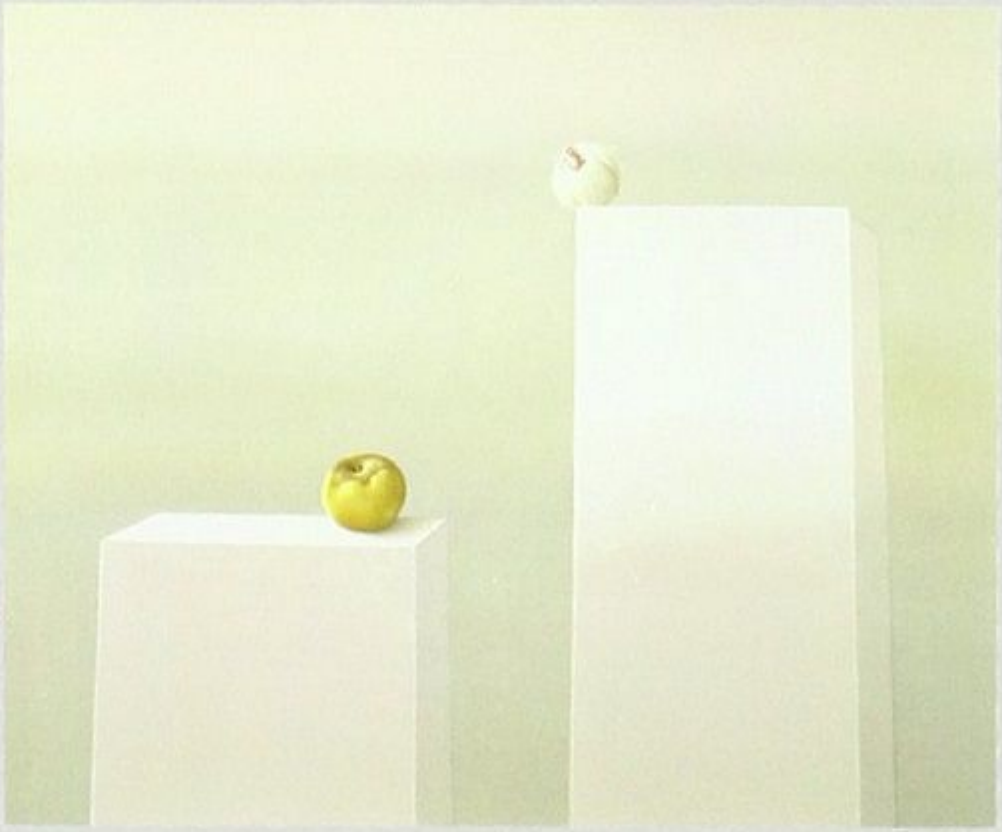
FRANCISCO DE VICENTE

PSICOLOGÍA DEL APRENDIZAJE



EDITORIAL SINTESIS

PSICOLOGÍA DEL APRENDIZAJE

Consulte nuestra página web: **www.sintesis.com**
En ella encontrará el catálogo completo y comentado

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con autorización de los titulares de la propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y sigs. Código Penal). El Centro Español de Derechos Reprográficos (www.cedro.org) vela por el respeto de los citados derechos.

PSICOLOGÍA DEL APRENDIZAJE

FRANCISCO DE VICENTE PÉREZ

EDITORIAL
SINTESIS

Diseño de cubierta: Verónica Rubio

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquier otro, sin la autorización previa por escrito de Editorial Síntesis, S. A.

© Francisco de Vicente Pérez

© EDITORIAL SÍNTESIS, S. A.
Vallehermoso, 34. 28015 Madrid
Teléfono 91 593 20 98
http://www.sintesis.com

ISBN: 978-84-995842-2-5

Índice

1. ***¿Qué es el aprendizaje?***
    - 1.1. Introducción
    - 1.2. Relevancia del aprendizaje
    - 1.3. Perspectiva histórica del estudio de la psicología del aprendizaje
        - *1.3.1. Influencias de la filosofía*, *1.3.2. El evolucionismo y la psicología comparada*, *1.3.3. La reflexología rusa*, *1.3.4. Edward L. Thorndike*, *1.3.5. La teoría del aprendizaje y de la conducta*, *1.3.6. La teoría de la Gestalt*, *1.3.7. La era de las teorías globales: el neoconductismo*, *1.3.8. La metáfora del procesamiento de la información*, *1.3.9. La metáfora de las redes neuronales*
    - 1.4. El concepto de aprendizaje
        - *1.4.1. Relación del aprendizaje con otros procesos psicológicos básicos*, *1.4.2. Aprendizaje y práctica*, *1.4.3. El aprendizaje como fenómeno biológico*, *1.4.4. Procesos generales de aprendizaje y procesos especializados*, *1.4.5. Dificultades con la idea de procesos generales de aprendizaje*, *1.4.6. Aprendizaje animal y aprendizaje humano*, *1.4.7. El empleo de animales en la investigación sobre aprendizaje*
    - 1.5. Resumen

2. ***Aprendizaje no asociativo: habituación y sensibilización***
    - 2.1. Introducción
    - 2.2. Relevancia del aprendizaje no asociativo
    - 2.3. Habituación
        - *2.3.1. Diferencias entre habituación, adaptación sensorial y fatiga muscular*, *2.3.2. Memoria en la habituación*, *2.3.3. Metodología en el estudio de la habituación*, *2.3.4. Propiedades de la habituación*, *2.3.5. Variables que influyen en la habituación*
    - 2.4. Sensibilización
        - *2.4.1. Sensibilización incremental*, *2.4.2. Pseudocondicionamiento*, *2.4.3. Propiedades de la sensibilización*, *2.4.4. Parámetros de la sensibilización*

2.5. Neurobiología del aprendizaje no asociativo
2.5.1. Plasticidad neuronal y aprendizaje
2.6. Teorías explicativas de la habituación y sensibilización
2.6.1. La teoría de los dos procesos, *2.6.2. Teoría del proceso oponente*, *2.6.3. Teoría del comparador del estímulo*
2.7. Resumen

3. ***Condicionamiento clásico***
3.1. Introducción
3.2. Concepto de condicionamiento clásico
3.3. Elementos del condicionamiento clásico
3.4. Metodología experimental para estudiar el condicionamiento clásico
3.4.1. Condicionamiento de parpadeo, *3.4.2. Condicionamiento de miedo*, *3.4.3. Aversión condicionada al sabor*, *3.4.4. Automoldea-miento*
3.5. Medida del condicionamiento
3.6. Medida de la respuesta condicionada
3.7. El control experimental en el condicionamiento clásico
3.8. Tipos de condicionamiento clásico
3.9. Relación temporal entre el EC y el EI
3.10. Condicionamiento clásico inhibitorio
3.10.1. Procedimientos de condicionamiento inhibitorio, *3.10.2. Cómo medir la inhibición condicionada*
3.11. Fenómenos básicos del condicionamiento clásico
3.11.1. Adquisición, *3.11.2. Extinción*, *3.11.3. Recuperación de la respuesta extinguida*, *3.11.4. Generalización*, *3.11.5. Discriminación*
3.12. Fenómenos especiales de condicionamiento
3.12.1. Precondicionamiento sensorial, *3.12.2. Condicionamiento de orden superior*, *3.12.3. Contracondicionamiento*
3.13. Resumen

4. ***Condiciones del entrenamiento que afectan al condicionamiento clásico***
4.1. Intervalo entre estímulos
4.2. Duración del EC
4.3. Intensidad del EC
4.4. Tipo de EC
4.5. Valor informativo del EC
4.5.1. Contingencia entre el EC y el EI, *4.5.2. Bloqueo*
4.6. Novedad del EC y del EI
4.6.1. Efecto de la exposición previa al EC: inhibición latente, *4.6.2. Efecto de la exposición previa al EI*, *4.6.3. Efecto de la exposición previa*

al EC y al EI: irrelevancia aprendida
4.7. Semejanza entre el EC y el EI
4.8. Relevancia EC-EI
4.9. Intensidad EI
4.10. Tipo de EI
4.11. Intervalo entre ensayos
4.12. Aplicaciones del CC
4.12.1. La adquisición de miedos
4.13. Resumen

5. ***Aspectos teóricos del condicionamiento clásico***
5.1. Representaciones de las asociaciones
5.1.1. El modelo de sustitución de estímulos: aprendizaje E-R, *5.1.2. Modelo de asociación estímulo-estímulo: aprendizaje EE*, *5.1.3. Condicionamiento de las respuestas compensatorias*, *5.1.4. Condicionamientos preparatorio y consumatorio*
5.2. Modelos asociativos del aprendizaje
5.2.1. Modelo de Rescorla y Wagner, *5.2.2. Modelo atencional de Mackintosh*, *5.2.3. Modelo de Pearce y Hall*, *5.2.3. Modelo SOP de Wagner*
5.3. Bases neurobiológicas del condicionamiento clásico
5.3.1. Estudios en invertebrados, *5.3.2. Estudios en mamíferos*
5.4. Resumen

6. ***Condicionamiento instrumental***
6.1. Introducción
6.2. Condicionamientos clásico e instrumental
6.3. Antecedentes históricos del condicionamiento instrumental
6.4. Elementos del condicionamiento instrumental
6.5. Principios básicos del condicionamiento instrumental
6.5.1. Adquisición, *6.5.2. Extinción*, *6.5.3. Discriminación*, *6.5.4. Generalización*
6.6. Tipos de condicionamiento instrumental
6.6.1. Entrenamiento de reforzamiento positivo, *6.6.2. Omisión*, *6.6.3. Castigo*, *6.6.4. Entrenamiento de reforzamiento negativo*
6.7. Relación respuesta-refuerzo
6.7.1. Relación temporal respuesta-refuerzo, *6.7.2. Relación de contingencia respuesta-refuerzo*
6.8. Conducta supersticiosa
6.8.1. Revisión del experimento de superstición de Skinner

6.9. Variables que influyen en el condicionamiento instrumental
6.9.1. Nivel de motivación interna, *6.9.2. Características de la respuesta*, *6.9.3. Magnitud del refuerzo*, *6.9.4. Demora del refuerzo*, *6.9.5. Efectos de contraste del refuerzo*
6.10. Resumen

7. ***Programas de reforzamiento***
7.1. Introducción
7.2. Programas simples de reforzamiento
7.3. Programas de reforzamiento de tasas de respuestas
7.4. Programas compuestos
7.5. Programas concurrentes: La conducta de elección
7.6. Programas concurrentes encadenados
7.7. Teorías del reforzamiento
7.7.1. Teoría de la reducción del impulso, *7.7.2. La estimulación eléctrica cerebral reforzadora*, *7.7.3. Teoría de la respuesta consumatoria*, *7.7.4. Teoría de Premack*, *7.7.5. Teoría de la privación de la respuesta*, *7.7.6. Teoría de la regulación conductual*
7.8. Economía conductual
7.9. Resumen

8. ***Control aversivo de la conducta***
8.1. Introducción
8.2. Distinción entre refuerzo negativo, castigo y extinción
8.3. Metodología experimental
8.4. Condicionamiento de escape
8.5. Condicionamiento de evitación
8.5.1. Variables, *8.5.2. Extinción de la respuesta de evitación*, *8.5.3. Teorías explicativas de la evitación*
8.6. El castigo
8.6.1. Variables, *8.6.2. Aplicaciones del castigo fuera del laboratorio*
8.7. Estimulación aversiva no contingente
8.7.1. La indefensión aprendida
8.8. Resumen

9. ***Procesos de generalización y discriminación***
9.1. Introducción
9.2. El gradiente de generalización del estímulo
9.2.1. Interacción excitatorio-inhibitorio: el desplazamiento del vértice,

9.2.2. Teorías de la generalización, *9.2.3. Variables que afectan al gradiente de generalización*
9.3. Aprendizaje discriminativo
9.3.1. Procedimientos de discriminación, *9.3.2. Teorías de la discriminación*
9.4. La categorización
9.4.1. Teorías de la categorización
9.5. Resumen

10. ***Aprendizaje social***
10.1. Introducción
10.2. Importancia del aprendizaje social
10.3. Elementos del aprendizaje social
10.4. Aprendizaje social sobre las cosas que se comen
10.5. Aprendizaje social de cómo conseguir comida
10.6. Aprendizaje social del miedo a los depredadores
10.7. Papel del aprendizaje social en la elección de pareja
10.8. La imitación
10.8.1. La imitación en la naturaleza, *10.8.2. Las llamadas de alarma de los monos vervet*, *10.8.3. Las tradiciones en los primates*, *10.8.4. La imitación en el laboratorio*, *10.8.5. Teorías de la imitación*
10.9. Resumen

Bibliografía

1
¿Qué es el aprendizaje?

1.1. Introducción

El aprendizaje es un proceso psicológico fascinante a la vez que complejo. Lleva estudiándose de forma sistemática desde el nacimiento de la psicología como ciencia y llegó a ocupar un lugar dominante dentro de la psicología durante los primeros 60 años del siglo XX. El estudio de la psicología del aprendizaje ha sufrido a lo largo de los años los mismos cambios que la propia psicología, de la que sólo es un área. En la actualidad, el aprendizaje se considera un proceso fundamental en la adaptación de los organismos a su entorno y se estudia junto con otros procesos psicológicos como la motivación, atención, motivación, memoria, etc.

El aprendizaje permite a los organismos ser sensibles a las influencias del entorno y modificar su conducta de forma adaptativa. Los organismos son capaces de establecer relaciones entre los sucesos del entorno, sobre todo cuando alguno de ellos tiene un significado biológico. Esto les permite predecir hechos futuros importantes para su supervivencia y anticiparse a ellos. Por ejemplo, si un animal es capaz de relacionar un determinado sabor con malestar gástrico, luego podrá excluir de su dieta los alimentos con ese sabor y comer otros que sean más saludables. También los organismos son capaces de relacionar la conducta con sus consecuencias. De esta forma, cuando una conducta vaya seguida de consecuencias agradables, es muy probable que el organismo la repita en el futuro y cuando vaya seguida de consecuencias perjudiciales, la deje de realizar. El aprendizaje aumenta las probabilidades de supervivencia de los organismos que viven en un medio físico y social cambiantes.

Lo que se denomina "psicología del aprendizaje" estudia los principios del aprendizaje y de la conducta y utiliza en sus investigaciones tanto animales de distintas especies como humanos, bajo condiciones controladas de laboratorio. En los estudios sobre aprendizaje los animales realizan tareas artificiales simples como apretar una palanca, picotear un disco, recorrer un laberinto o saltar de un compartimento a otro en la caja de vaivén, etc. Los humanos, por su parte, realizan tareas que van desde memorizar sílabas sin sentido hasta discriminar rostros en una pantalla de ordenador o manipular una palanca para aprender una tarea motora, etc.

1.2. Relevancia del aprendizaje

Los organismos, tanto animales como humanos, disponen de una serie de conductas que les permiten adaptarse a las condiciones ambientales físicas y sociales en las que viven. Estas conductas pueden ser innatas o aprendidas. Cada especie viene dotada al nacer de su propio repertorio de conductas para hacer frente al medio ambiente recién estrenado. Por el hecho de pertenecer a una determinada especie, cada animal dispone de un conjunto de conductas específicas de la especie que se transmiten genéticamente de una generación a otra (reflejos, pautas de acción fija, etc.). Por ejemplo, los pájaros construyen sus nidos sin haberlo visto hacer nunca, las crías de la gaviota *argéntea* picotean el punto rojo que hay en el pico de sus madres para solicitar alimento al poco de nacer, sin tener experiencia previa de ello, la cría del toro de lidia comienza a andar unos minutos después de caer a tierra tras el parto de la madre, etc. De la misma forma, los humanos nacemos con una serie de reflejos elementales que nos facultan, entre otras cosas, para alimentarnos (reflejo de succión), asirnos a nuestra madre (reflejo de prensión), liberarnos de cualquier cuerpo extraño de nuestra garganta (reflejo de la tos), etc.

Junto a estas *conductas innatas* existen otras *aprendidas* que son adquiridas a través de la experiencia durante la vida del individuo. Así, los animales aprenden cuáles son los lugares mejores de pasto, qué alimentos son beneficiosos y cuáles perjudiciales, qué animal es peligroso y cuál es seguro, cómo variar la conducta en función de las consecuencias, etc.

Para los humanos, el aprendizaje es crucial en sus vidas. Si nos fijamos, la mayoría de las cosas que hacemos a lo largo del día son aprendidas. Desde que nos levantamos por la mañana hasta que nos acostamos por la noche, estamos adquiriendo algún tipo de información, alguna tarea o alguna habilidad que antes no teníamos. Por ejemplo, al levantarnos solemos conectar la radio para informarnos acerca de las noticias más relevantes del día, nos preparamos el desayuno y nos lavamos los dientes. Mientras nos dirigimos a clase adquirimos información acerca de los lugares por donde pasamos, de la gente con la que viajamos, de las incidencias del propio viaje… Cuando llegamos a clase interaccionamos con nuestros compañeros, escuchamos las explicaciones del profesor, estudiamos en la biblioteca, etc. En todas estas situaciones adquirimos algún tipo de conocimiento.

Pero el aprender no es una actividad que la estemos haciendo solamente hoy. Muchas de nuestras conductas diarias son repeticiones de conductas ya aprendidas. ¿Por qué las repetimos? Porque nos proporcionan alguna recompensa. En algún momento de nuestra vida hemos aprendido a andar, a hablar, a vestirnos, a andar en bicicleta, a interaccionar con nuestros compañeros, a cuidar el medio ambiente, etc. También son aprendidas nuestra concepción del mundo, nuestras ideas políticas o nuestras creencias religiosas. Más aún, podemos aprender a enfermar, a tener fobias, a deprimirnos, a tener prejuicios, a estar indefensos, etc. Igualmente, podemos aprender a ser optimistas, a respetar a las personas con las que convivimos, a tomar decisiones, a tener una buena

autoestima, a comunicarnos bien, a amar, etc. Así pues, la mayoría de nuestra conducta es aprendida.

1.3. Perspectiva histórica del estudio de la psicología del aprendizaje

El estudio del aprendizaje se ha visto influido a lo largo de su historia por varias corrientes de pensamiento que han sentado las bases conceptuales y metodológicas de lo que hoy se denomina psicología del aprendizaje (véase Sahakian, 1975). Entre estas corrientes se pueden considerar: Descartes, los empiristas británicos, la teoría de la evolución de Darwin, la tradición reflexológica rusa y los psicólogos comparados. Estas influencias configuraron el aprendizaje como asociacionista, evolucionista y experimentalista. Luego, la entrada del conductismo en la psicología a principios del siglo XX supuso una síntesis histórica de las diversas corrientes de pensamiento, dando lugar a la *teoría del aprendizaje*. Se entiende por *teoría del aprendizaje* el área que estudia los principios del aprendizaje y de la conducta y que realiza la investigación en el laboratorio, fundamentalmente con animales y en condiciones de control experimental (Mackintosh, 1997).

En el período 1930-1950 los neoconductistas dotaron al aprendizaje de un sólido fundamento experimental y un gran cuerpo teórico.

El cambio de paradigma que tuvo lugar en la psicología a partir de la década de 1960 hizo que se cuestionaran los principios de la teoría del aprendizaje vigente. El nuevo *paradigma cognitivo* sustituyó al viejo paradigma conductista a la hora de estudiar el aprendizaje.

El disponer de una perspectiva evolutiva de la psicología del aprendizaje nos va a servir de marco de referencia para entender mejor cuál es el concepto del aprendizaje actual, qué es lo que estudia el aprendizaje, cómo lo hace, cuáles son los logros obtenidos y, en definitiva, comprender este libro.

1.3.1. Influencias de la filosofía

La psicología del aprendizaje extiende sus raíces en el pasado y muchas de las cuestiones que hoy se plantean ya fueron formuladas antes por los filósofos. Preguntas como cuál es la fuente de conocimiento o cómo aprendemos algo nuevo ya eran realizadas por algunos filósofos de la Grecia antigua. Pero, como es lógico, las respuestas a estas preguntas eran formuladas desde una perspectiva filosófica, muy lejos de la visión científica actual.

Existen dos corrientes en la tradición filosófica sobre el origen del conocimiento: el *racionalismo*, que se inicia en Platón (427-347 a. C.), y el *empirismo*, que lo hace en su discípulo Aristóteles (384-322 a. C.). El *racionalismo* considera que la fuente de todo conocimiento del mundo proviene de la razón. En cambio, el *empirismo* considera que la

única fuente de conocimiento del mundo es la experiencia directa de los sucesos. Aristóteles defendía que el conocimiento procede de los sentidos (las sensaciones) que dotan a la mente de imágenes (ideas) que se asocian entre sí según tres leyes: contigüidad, similitud y contraste. A partir de estas asociaciones, la presentación de un suceso activa las representaciones mentales de otros sucesos relacionados.

En la actualidad esta controversia se ha difuminado debido a que consideramos que la experiencia proporciona datos al contenido del conocimiento sobre el mundo, pero la extracción de las relaciones entre sucesos de la experiencia requiere un sistema nervioso (hablando en términos biológicos) o una mente (hablando en términos funcionales) que estén predispuestos para extraer estas relaciones. Las predisposiciones para extraer ciertos aspectos de la experiencia y establecer relaciones entre sucesos, aunque moduladas durante el desarrollo por la experiencia, están influidas por la dotación genética del individuo. Por tanto, el conocimiento adquirido que se revela a través de un cambio de conducta, refleja una interacción entre genes (racionalismo/naturaleza) y experiencia individual (empirismo/educación).

A) Influencia del racionalismo

El racionalismo es un modo de pensar dominante en el siglo XVI y es patente en Descartes (1596-1650). Descartes considera que el hombre es un compuesto de *cuerpo* (sustancia material o *res extensa*) y *alma (*mente, conciencia o *res cogitans*). El alma está alojada en el cuerpo como un piloto en una nave y se comunica con el cuerpo por medio de la *glándula pineal*. Para Descartes hay un *conocimiento racional* (innato) y otro *no racional* (sensible). El conocimiento racional es el verdadero, el que está libre de la experiencia de los sentidos.

La meta de Descartes era lograr los conocimientos verdaderos sobre la naturaleza de la vida. Por eso, consideraba que no podemos fiarnos de nuestros sentidos. Por ejemplo, cuando soñamos creemos estar viendo algo real, pero se trata de una fantasía. Pero no todas las ideas que tenemos de la realidad exterior son fantasía. Algunas cualidades las podemos reconocer por la razón, como ocurre con las relaciones matemáticas (por ejemplo, 2 + 2 = 4), es decir, con todo lo que se puede medir (largo, ancho y alto). Estas cualidades "cuantitativas" son claras para la razón. En cambio, las cualidades "cualitativas" (color, olor, sabor) están relacionadas con los sentidos, y no describen con seguridad la realidad. El conocimiento verdadero se reconoce a través de las ideas innatas prefiguradas, que son claras y distintas por provenir de Dios.

A partir de estos supuestos, Descartes considera que el comportamiento animal o el no racional del hombre no constituyen formas de conocimiento legítimas, sino sólo expresiones de las *leyes mecánicas* que rigen a todo el cuerpo natural. Se establece, pues, una distinción tajante entre *conducta racional*, exclusiva del hombre, y *conducta mecánica* o no racional, compartida por el hombre y los animales en la medida en que ésta tiene su base en la experiencia adquirida por los sentidos.

B) La influencia del empirismo

Los empiristas consideraban que la fuente de todo conocimiento proviene de la experiencia. El concepto aristotélico de *tabula rasa*, sus ideas de que nada hay en la mente que no haya estado primero en los sentidos y sus leyes de la asociación se convirtieron en el fundamento de las ideas epistemológicas del empirismo y asociacionismo británicos de los siglos XVII, XVIII y principios del XIX.

Los autores más sobresalientes del empirismo británico fueron Thomas Hobbes (1588-1676), John Locke (1632-1704), George Berkeley (1685-1735), David Hume (1711-1776) y John Stuart Mill (1806-1873). La idea básica de estos filósofos empiristas es que el conocimiento es fruto de la experiencia. Las sensaciones son procesos elementales con los que se forman las ideas y éstas, a su vez, se funden en ideas más y más complejas mediante las leyes asociativas.

Locke fue uno de los autores más sobresalientes del empirismo. Fortaleció mucho el asociacionismo enunciando su doctrina de que la mente humana al nacer es una pizarra que está en blanco, sobre la que se escribe la experiencia. Cuestionó la distinción tajante entre conducta racional y conducta mecánica que proponía Descartes y rechazó su concepción de las ideas innatas. Locke argumentaba que toda idea que tenemos es el resultado de la experiencia sensorial o de la reflexión sobre dicha experiencia, de tal forma que el conocimiento se debe a la experiencia. Para aprender es necesario asociar las diferentes cualidades sensoriales de un objeto y combinar los elementos, con el fin de tener la idea del objeto. Este atomismo lo llevó a creer que no percibimos las cosas como tales, sino cualidades sensoriales como el color, tamaño, forma del objeto, etc. Las sensaciones no existen en los objetos o acontecimientos externos, sino que son los efectos producidos en nuestros receptores, nervios y cerebro por eventos externos. El mundo externo es construido por el propio organismo, por cada organismo. El dulzor no está en el pastel, sino en el efecto producido en el paladar. Dado que cada organismo tiene receptores y nervios diferentes, la generalización de un organismo a otro debe ir precedido de un análisis comparativo de su sistema sensorial y cerebral. Para Locke, *la función principal del aprendizaje es poner juntas las diferentes partes de la experiencia en un todo significativo*. Esta posición atomista y este principio de la combinación de elementos tendría una gran repercusión en el conductismo de Watson, Hull y Skinner.

Hume, por su parte, estaba interesado por la pregunta de qué conduce a qué. Si se ha aprendido una relación causa-efecto, y la causa ocurre de nuevo, se esperará el efecto. La percepción o idea de un objeto lleva a la idea de aquello que le siguió en el pasado. Si en una serie de ensayos se presenta a un animal un tono seguido de comida, se puede suponer que la próxima vez, cuando el animal escuche el tono, esperará la comida. Ésta parece ser la idea que posteriormente introduciría Tolman con el término de *expectativa* y que tan buena acogida ha tenido en la psicología del aprendizaje actual.

Como balance de la aportación del empirismo británico se puede decir que constituyó la primera propuesta que daría lugar, junto con otras fuerzas, a la llamada

teoría del aprendizaje.

El asociacionismo continuó su evolución progresiva hacia la teoría moderna del aprendizaje. Gracias al trabajo de Ebbinghaus sobre aprendizaje verbal humano a finales de 1880, el asociacionismo filosófico se transformó en asociacionismo experimental. A su vez, este último evolucionó a principios del siglo XX hacia el campo del aprendizaje actual, sobre todo debido a los trabajos de los primeros psicólogos comparados.

C) Immanuel Kant

Aunque normalmente se le asocia al racionalismo, Kant (1724-1804) tiene una forma de entender el funcionamiento de la mente distinto de otros racionalistas. En su obra *Crítica de la razón pura* (1781) estudia el dualismo mente-cuerpo. Al contrario que los empiristas, Kant considera que la mente al nacer no es una "pizarra en blanco" sobre la que se va escribiendo la experiencia, sino que la mente ya viene preparada para organizar algunas informaciones de una determinada manera. Sería algo parecido a lo que ocurre cuando adquirimos una librería. La estructura de la librería determina de antemano cómo deben ir colocados los libros. Según él, hay unas *intuiciones "a priori"* que pueden existir en la mente antes de cualquier experiencia. Por ejemplo, la apreciación *a priori* del espacio es una representación necesaria en la mente que precede a la percepción de los objetos externos. Así, es posible imaginar espacio sin objetos, pero no objetos sin espacio. El espacio no está determinado por objetos, pero un sentido del espacio es una condición contextual necesaria para la percepción de los objetos.

Kant también concede algo a las posiciones empiristas. Considera que el mundo externo es desorganizado y la mente impone su orden. La mente aprehende el mundo externo por medio de los sentidos y lo transforma de acuerdo con las leyes subjetivas. Es la percepción humana la que proporciona el orden al mundo. Aunque la razón es la fuente de conocimiento, ésta opera a través de la experiencia sensible. Así, la persona extrae la información del mundo externo y su mente la interpreta, le da sentido.

1.3.2. El evolucionismo y la psicología comparada

En la segunda mitad del siglo XIX había en Europa una corriente naturalista que consideraba que la única realidad era la naturaleza y el mundo perceptible. Así, un investigador naturalista se debería basar sólo en los hechos que aparecen en la naturaleza, a la vez que excluir las especulaciones racionalistas o cualquier otra forma de revelación divina que explique tales hechos. Estas ideas, junto a las teorías aparecidas en la década de 1870 en Inglaterra relativas a la evolución de la vida sobre la tierra, cambiaron la forma de concebir al ser humano y su relación con el resto de los seres vivos (véase Boakes, 1984). La idea de estudiar la conducta de los animales con el fin de comprender la mente humana y su evolución fue concebida y propuesta entre otros por Charles

Darwin (1809-1882). Darwin publicó en 1859 el libro *El origen de las especies* en el que indicaba que todos los seres vivos actuales, incluido el hombre, eran fruto de la evolución. Además, presentaba una teoría para explicar este hecho: la evolución de las especies se produce por un proceso mecánico de *selección natural*.

Darwin consideraba que el hombre era producto de la evolución, lo mismo que los demás seres vivos. Además, creía que las características de la conducta estaban sujetas a la selección natural (supervivencia del más apto y aptitud reproductiva), lo mismo que los rasgos físicos. Defendía la idea de la *continuidad mental* entre la mente del hombre y de los animales. Tal continuidad se infería de rudimentos o aspectos de la vida mental humana observados en otros animales. Para Darwin, *la diferencia que media la mente del hombre y la de los animales superiores, siendo grande, es ciertamente de grado y no de cualidad* (Darwin, 1871:127 trad. española).

Estos argumentos fueron asumidos por la psicología del aprendizaje y proporcionaron un gran impulso al desarrollo de la psicología comparada a finales del siglo XIX.

George Romanes (1848-1894) ha sido considerado el fundador de la psicología comparada y el heredero ideológico de Darwin. Animado por éste, trató de aplicar la teoría de la selección natural a la evolución de la mente animal y humana. Para Romanes, *aprender es beneficiarse de la experiencia*.Decía que para saber si un animal tenía mente o no, había que ver si se beneficiaba de la experiencia. Su obra, *Inteligencia animal* (1882), fue el primer libro dedicado a la psicología comparada. En él, trató de poner orden al confuso conjunto de descripciones anecdóticas sobre la conducta animal. En primer lugar, clasificaba sistemáticamente las observaciones y luego deducía los principios generales de cara a una teoría de la evolución mental. También participaba de las ideas asociativas de los empiristas británicos. Imputaba las ideas simples de Locke a los animales, las ideas complejas (la capacidad de asociar) tanto a los hombres como a los animales, y las ideas racionales (concepciones abstractas) únicamente al hombre.

Alexander Bain (1818-1903) estuvo interesado por los problemas de aprendizaje y consideró que el método de "ensayo y error" era el medio universal de alcanzar el primer control voluntario sobre la actividad espontánea. Tales consideraciones influirían después en Thorndike.

Por su parte, **Douglas Spalding** (1840-1877) señaló que la conducta debería ser estudiada mediante una cuidadosa experimentación. Su interés estuvo centrado en descubrir en qué medida la conducta depende de la herencia o de la experiencia. Demostró con una serie de pruebas experimentales que había conductas que se heredaban y otras que se aprendían. Fue el primero que describió la llamada *reacción de seguimiento*, fenómeno que tras ser redescubierto setenta años después por K. Lorenz, se le conoce como *impronta filial* o *imprinting*.

Conwy Lloyd Morgan (1852-1936) es famoso por su *canon* formulado como crítica contra las interpretaciones antropomórficas del comportamiento animal que hacía Romanes. El "canon" establece que la conducta del animal no debe entenderse como el resultado de procesos mentales superiores si puede explicarse en términos de procesos

mentales inferiores. Abordó la cuestión de si los animales son autómatas conscientes. Para responder a esta pregunta abogó por el criterio de aprendizaje. Si los animales son capaces de aprender de su experiencia, es que no son autómatas. Asumió el principio de Spencer-Bain, según el cual la conducta es modificada por sus consecuencias inmediatas. En su libro *Introducción a la psicología comparada* dice que lo que nosotros llamamos control de nuestras actividades se consigue en y a través del reforzamiento consciente de aquellas formas de respuesta que tienen éxito y la inhibición de aquellas formas de respuesta que son ineficaces. A partir de las observaciones acerca de la adquisición de habilidades por su perro foxterrier concluyó que éstas se aprendían por *ensayo y error*. Estas ideas son los orígenes de las teorías del refuerzo actual.

Como resumen de las aportaciones de la teoría de la evolución y la psicología comparada a la psicología del aprendizaje, se puede decir que ésta asumió como base conceptual y estratégica de trabajo *la existencia de una continuidad de principios y leyes que gobiernan la conducta a lo largo de la evolución filogenética*. Por tanto, la teoría evolutiva ha servido para dar apoyo a la experimentación con animales.

1.3.3. La reflexología rusa

La tradición reflexológica rusa consideraba que la *acción refleja nerviosa* era el *mecanismo de adaptación* individual. Su preocupación fundamental era hallar las bases fisiológicas del aprendizaje. Sin embargo, su mayor aportación a la psicología fue *de tipo metodológico* ya que abrió la posibilidad del estudio objetivo y experimental de los fenómenos psíquicos. Hay tres autores que sobresalen: Séchenov, Pavlov y Bechterev.

Ivan M. Séchenov (1829-1905), fisiólogo, explicaba los fenómenos psíquicos como movimientos reflejos y buscaba las bases fisiológicas de los mismos. Realizó estudios con ranas y midió el tiempo de reacción de sus reflejos. Investigó con el cerebro de éstas y explicó que todos los movimientos musculares tienen su origen en el cerebro. Consideraba que toda la actividad cerebral es de carácter reflejo y puede ser explicada mediante *dos mecanismos fisiológicos cerebrales*: la *intensificación*, que da lugar a los "reflejos psíquicos con final reforzado", y la *inhibición*, que da lugar a los "reflejos psíquicos con final inhibitorio". Séchenov se basaba en varios hechos para demostrar empíricamente la existencia de estos dos mecanismos. Por una parte, la analogía existente entre el cerebro y la máquina: el cerebro humano se comporta en todas sus actuaciones como una máquina refleja. Por otra, en los resultados experimentales que demostraban la existencia en el cerebro de la rama de mecanismos cuya estimulación suprimía los reflejos dolorosos de la piel. Su contribución fundamental fue abordar el estudio de los problemas psicológicos de una forma objetiva y experimental.

Ivan P. Pavlov (1849-1936), también fisiólogo, fue uno de los grandes pioneros en el estudio del aprendizaje junto a Ebbinghaus y Thorndike. En 1904 recibió el premio Nobel de Medicina por sus estudios sobre el funcionamiento de las glándulas digestivas de los perros. Un año antes, en 1903, asistió al Congreso Internacional de Psicología de

Madrid donde pronunció una conferencia titulada *La psicología y psicopatología experimentales en los animales*, en la que daba a conocer por primera vez sus investigaciones sobre el reflejo condicionado. Como fisiólogo que era, estuvo más interesado en conocer las bases nerviosas del funcionamiento cerebral que en los problemas psicológicos, utilizando la técnica experimental del *condicionamiento* para estudiar con más precisión la actividad cerebral.

En 1927 (Pavlov, 1927) publicó el libro *Reflejos condicionados*, donde exponía los resultados de sus investigaciones y las explicaciones teóricas de las mismas. Consideraba que había dos tipos de reflejos, unos innatos o incondicionados, como el de la rodilla, y otros condicionados o aprendidos, como el de salivación. Ambos reflejos les sirven a los animales para adaptarse mejor al ambiente.

Si a cualquier estímulo le sigue varias veces otro de mayor relevancia biológica, el primer estímulo va a suscitar una respuesta similar a la del segundo. Por ejemplo, si a un perro privado de comida se presenta de forma repetida el sonido de una campana seguido de comida, el perro acabará salivando ante el sonido de la campana como lo hacía ante la comida. El sonido de la campana, entonces, se dice que ha adquirido el carácter de estímulo condicionado (EC) porque es capaz de suscitar la salivación, una respuesta nueva o respuesta condicionada (RC) que antes sólo se suscitaba de forma incondicionada (RI) ante la comida (EI). Pavlov explicaba el aprendizaje de las nuevas respuestas diciendo que se establecían "nuevas conexiones nerviosas" entre los centros sensoriales cerebrales del EC y EI. Decía que toda la conducta del animal podría explicarse mediante los reflejos que están determinados por la actividad cerebral.

Pavlov consideraba que eran necesarias una serie de condiciones para que se formara un reflejo condicionado: salud del animal, hambre del animal, estado de alerta, sucesión temporal de los estímulos, eliminación de estímulos extraños, etc.

Descubrió muchos de los fenómenos básicos del condicionamiento como la adquisición de una nueva respuesta, la extinción, la recuperación espontánea, el condicionamiento de orden superior, la generalización, etc. Intentó explicar las leyes del condicionamiento basándose en el funcionamiento del sistema nervioso, indicando que en el reflejo condicionado intervienen los procesos cerebrales de la excitación y la inhibición.

Pavlov tuvo mucha repercusión en la psicología occidental ya que cambió completamente la opinión general sobre el alcance de las ideas y los métodos fisiológicos y sobre la forma apropiada de estudiar los problemas psicológicos. Fue un riguroso experimentador y un reduccionista radical al relacionar los fenómenos psicológicos con una teoría fisiológica. El hecho de que su teoría del condicionamiento ofreciera el eslabón entre la conducta y el sistema nervioso, atrajo a muchos psicólogos.

Si hacemos un balance científico de la contribución de Pavlov al condicionamiento, podemos decir que fue un autor que desarrolló procedimientos y técnicas, obtuvo datos y formuló una teoría para explicar esos datos.

V. M. Bechterev (1857-1927) realizó experimentos semejantes sobre condicionamiento pero aplicados al sistema motor, ya que pensaba que eran más importantes para la psicología humana. Consideraba que los reflejos condicionados o

"reflejos de asociación" como denominaba él, eran de gran importancia para el estudio científico de la mente y para una psicología objetiva. Estaba interesado en la localización precisa de las distintas actividades cerebrales y utilizaba el condicionamiento como técnica para estudiarlas. Fue un autor que sentó las bases metodológicas de los estudios experimentales del condicionamiento aversivo del sistema motor. Su procedimiento consistía en presentar un tono seguido de una descarga eléctrica breve sobre la piel de una de las patas del perro. Tras sucesivos emparejamientos del tono seguido de la descarga, la simple presentación del tono suscitaba la respuesta de flexión de la pata.

1.3.4. Edward L. Thorndike

Thorndike (1874-1949) es el fundador de la teoría del aprendizaje. Su importancia en el campo del aprendizaje se debe primordialmente a la *realización de experimentos de forma sistemática y cuantitativa* (nivel metodológico) y a las *explicaciones teóricas* de sus hallazgos (nivel conceptual). En 1911 publicó el libro *Animal intelligence: An experimental study of the associative procccess in animals*, fruto de su tesis doctoral. Este libro fue clave para el estudio de la psicología del aprendizaje porque sustituyó las anécdotas y descripciones informales sobre la conducta de los animales por experimentos de laboratorio con control. Además, sentó las bases teóricas de la investigación posterior en psicología experimental animal.

Para conocer la inteligencia de los animales estudiaba cómo aprendían. En sus investigaciones utilizaba unas cajas-problema o cajas-rompecabezas donde introducía a gatos privados de comida que debían salir manipulando algún artilugio (presionar una palanca, correr un cerrojo, levantar un pestillo, etc., y así obtener el alimento que estaba en el exterior). Registraba la *latencia de la respuesta* (tiempo que tardaba el animal en salir de la caja en cada ensayo) y luego representaba gráficamente los resultados (curvas de aprendizaje). Comprobó que los animales al principio tardaban mucho en salir y que luego, poco a poco, resolvían el problema de forma más rápida. La forma gradual en que seleccionaban la respuesta apropiada le hizo considerar que los animales no razonaban la solución, sino que procedían al azar. Los animales resolvían el problema tanteando. Propuso que este aprendizaje se producía *por ensayo y error*.

El interés por la *psicología comparada* le llevó a someter a prueba a perros, gatos, monos y otros animales. Los resultados que encontró guardaban una estrecha relación con el nivel filogenético del animal. Así, los monos encontraban más rápidamente la solución en las cajas-problema y tenían cierta planificación en la solución del escape. Los perros, por su parte, se asemejaban más a los gatos. En estos trabajos, Thorndike puso en evidencia el tema de las *limitaciones biológicas del aprendizaje* al señalar la distinta sensibilidad de los animales para aprender determinadas respuestas.

En 1911 propuso la *ley del efecto* y la *ley del ejercicio*, fruto de sus investigaciones comparadas. La *ley del efecto* señala que aquellas respuestas que van seguidas de bienestar, sin variar otras condiciones, tienen más probabilidad de volver a ocurrir, en

tanto que las que van seguidas de malestar, tienen menos probabilidad de ocurrir. Las primeras fortalecen la conexión con la situación y las segundas la debilitan. Cuanto mayor sea la satisfacción o el malestar, mayor será el fortalecimiento o debilitamiento del vínculo entre el estímulo (E) y la respuesta (R). Así pues, el aprendizaje para Thorndike consistía en *conexiones E-R* más que en asociaciones de ideas, como sugerían los empiristas británicos.

¿Qué papel juega la práctica en el aprendizaje? Para Thorndike, una vez que se establece una conexión entre una situación (E) y una respuesta (R), la fuerza de dicha conexión aumenta al repetirse la respuesta. Es decir, la práctica no sirve para aprender sino para fortalecer las asociaciones ya establecidas y, por tanto, para retener mejor la información aprendida. Su *ley del ejercicio* la consideraba subsidiaria de la ley del efecto.

La *ley de la disposición* o preparación indica que hay ciertas conexiones E-R que se producen con más facilidad que otras por estar predeterminadas biológicamente.

Tuvo mucha influencia en la teoría del aprendizaje posterior y en especial en algunos autores, como Skinner. Los conceptos de refuerzo positivo, castigo o el efecto de la magnitud del refuerzo, implícitos en su ley del efecto, tendrían repercusión en la teoría del aprendizaje actual.

1.3.5. La teoría del aprendizaje y de la conducta

En la segunda década del siglo XX surgió el *conductismo* en Estados Unidos como reacción a la escuela psicológica dominante del estructuralismo, que tenía como objeto de estudio la mente y como método la introspección. El programa del conductismo naciente pretendía construir una psicología con un sistema científico lógico y objetivo. El objeto de la nueva ciencia debería ser el estudio de la *conducta* observable y su método el *científico*.

Se suele considerar como el hecho fundacional del conductismo la aparición en 1913 del artículo de **J. Watson (1878-1958),** titulado *Psychology at the behaviorist views it*, donde considera como estéril todo lo realizado hasta ese momento dentro de la psicología. El artículo comienza diciendo que *"La psicología, tal y como la ve el conductista, es una rama experimental puramente objetiva de la ciencia natural. Su meta teórica es la predicción y el control de la conducta. La introspección no constituye en absoluto parte esencial de sus métodos… El conductista, en su esfuerzo por conseguir un esquema unitario de la respuesta animal, no reconoce ninguna línea divisoria entre el ser humano y animal"* (Watson, 1913: 158). Así pues, el nuevo sistema propuesto por Watson, entroncado en una tradición pragmática y empirista, era ante todo metodológico y bastante simple. Definía a la psicología como una *ciencia natural*, similar a la física y la química, cuya tarea era predecir y controlar la conducta. Por tanto, *la psicología tenía que estar basada empíricamente y ser objetiva*, y su único objeto debía ser la *conducta observable* controlada por el ambiente. El conductismo que

proponía consistía en el *método* y lo que éste permitía estudiar: la conducta. La nueva ciencia de la conducta debía describir ésta en términos de estímulo (E) y respuesta (R). La finalidad del conductismo debía ser: dado un estímulo, poder predecir la respuesta, y dada la respuesta, poder predecir el estímulo.

Por otra parte, la idea darwiniana de la continuidad biológica le sirvió a Watson para suponer que los resultados extraídos en la investigación con animales tenían validez para los humanos. La conducta de los animales y del hombre tiene un fin: la adaptación al medio. Como la adaptación se lleva a cabo gracias al aprendizaje, éste debía ser el objetivo principal de la psicología. Consideraba que el paradigma E-R explicaba todos los fenómenos psicológicos, tanto animales como humanos.

Realizó estudios experimentales sobre el condicionamiento emocional. Es famoso el experimento realizado con el niño Albert al que condicionó a tener miedo a las ratas.

Su posición ambientalista le hizo considerar que todo acontece en el ambiente, en el que se observan los estímulos y las respuestas. Las leyes de su conexión son independientes de lo que pasa entre medio, es decir, en el organismo, que a efectos psicológicos es una caja vacía.

Si hacemos un balance científico sobre la contribución de Watson a la teoría del aprendizaje, podemos decir que fue el impulsor de una metodología objetiva para estudiar la conducta, pero sus contribuciones científicas fueron pocas.

1.3.6. La teoría de la Gestalt

Mientras en América dominaba el conductismo y los trabajos de Pavlov eran ampliamente difundidos, en Europa se desarrollaba el *movimiento de la Gestalt* con los trabajos pioneros de Wertheimer, Köhler y Koffka. Estos psicólogos estuvieron más interesados en el estudio de la percepción y el pensamiento humanos que en el aprendizaje. Discrepaban de las explicaciones asociacionistas del aprendizaje y de las del tipo E-R. Consideraban que era una equivocación estudiar los elementos (estímulos, respuestas, movimientos musculares, etc.) ya que éstos sólo tenían significado como parte de un todo. Para ellos, los aspectos de una situación que tienen relaciones entre sí son percibidos e interpretados como totalidades (gestalten), formas o conjuntos con significado. Interpretaban la conducta de forma *molar* o global, por oposición al elementalismo asociacionista y conductista.

Dentro de este movimiento sobresalen los estudios experimentales realizados por **W. Köhler** (1887-1967) sobre las capacidades intelectuales de los chimpancés. Planteaba una serie de problemas a los animales que debían resolver. Utilizaba los "*experimentos de rodeo*" en los que el animal podía observar la situación en su totalidad y sólo podía conseguir su objetivo si daba un rodeo. Uno de sus experimentos consistía en poner un plátano colgado del techo fuera del alcance del animal y un palo en el suelo, a cierta distancia, que podía utilizar para alcanzarlo. Al principio el animal intentaba coger el plátano saltando, pero como no lo conseguía, se sentaba y miraba a su alrededor. A

continuación cogía un palo, jugaba con él y llegaba un momento en que lo utilizaba para hacer caer el plátano a golpes. Para coger el palo, el chimpancé tuvo que alejarse del plátano (conducta de rodeo).

En otro experimento se utilizó una tarea más compleja. Se puso el plátano más alejado y se colocaron dos palos que podían encajarse para alcanzar el plátano. Alguno de los chimpancés lograba encajar los palos y alcanzar el plátano. Estos experimentos prueban que los chimpancés encontraban una solución al problema si todos los elementos estaban a la vista. Constató que los primeros intentos no les conducían al aprendizaje parcial de la solución. Cuando daban con ella, se advertía un cambio súbito en su conducta, como si hubieran llegado a ver la forma en que se ensamblan entre sí los componentes del problema. A esta forma de aprendizaje la denominó *aprendizaje por comprensión inmediata* o intuición (insight o einsicht**)**. Los animales no aprendían por ensayo y error, de forma lenta y acumulativa como decía Thorndike, sino por comprensión inmediata o súbita, de manera inteligente. Aprendían relaciones emergentes entre los componentes estimulares que les permitían conseguir el objetivo. Este aprendizaje por comprensión era un *aprendizaje cognitivo* basado en procesos perceptivos.

Esta concepción del aprendizaje de la gestalt tendría luego influencia en la teoría del aprendizaje de Tolman.

1.3.7. La era de las teorías globales: el neoconductismo

El conductismo se consolidó dentro de la psicología a partir de 1930 y entró en un período caracterizado por la aplicación del paradigma objetivista y por su gran producción teórica. La era de las teorías globales del aprendizaje comprende el período entre 1930-1950 y cuatro personajes fueron los autores más sobresalientes de esta era: Guthrie, Tolman, Hull y Skinner. Los cuatro asumieron la propuesta de Watson y abordaron la tarea de construir una nueva ciencia objetiva y empírica que diera cuenta de todos los seres vivos, incluido el hombre. Aceptaron algunos aspectos del conductismo de Watson y depuraron otros, existiendo una cierta continuidad metodológica. Así, reconocieron su *objetivismo metodológico* y rechazaron la conciencia por inobservable. Se limitaron a estudiar el comportamiento de los animales (fundamentalmente ratas, palomas, gatos y perros) en tareas simples de aprendizaje y en situaciones controladas de laboratorio, utilizando para ello laberintos, cajas-problema, cajas de Skinner, etc., donde los animales tenían que apretar una palanca, picotear un disco o correr a lo largo de un laberinto. Sin embargo, como señala Yela, *"al lado de tal pretensión existen numerosas discrepancias tanto metodológicas como de contenido haciendo imposible ese cuerpo común de conocimientos, explicaciones y resultados fundamentales que pudieran ir progresando y se articularan, por fin, como se pretendía, en una psicología conductista"* (1980: 158).

A) E.R. Guthrie: el aprendizaje por la simple contigüidad E-R

Guthrie (1886-1959) consideraba que la *asociación E-R* se producía por la simple *contigüidad* entre un estímulo y una respuesta, en un solo ensayo. Es decir, si una respuesta ocurre en una situación estimular determinada, el estímulo y la respuesta quedan asociados automáticamente. Si luego se presenta dicho estímulo, es probable que el sujeto repita la misma respuesta. El refuerzo no es necesario para que se produzca el aprendizaje. ¿Esto quiere decir que el refuerzo no tiene ninguna función en el aprendizaje? No. Para Guthrie, cuando una respuesta va seguida de un refuerzo, éste cambia el contexto del estímulo presente, asociándose la respuesta con el nuevo estímulo del contexto. De esta forma, cuando están presentes de nuevo dichas circunstancias estimulares, se repetirá la respuesta. La función del refuerzo sería no tanto la de fortalecer la asociación E-R, sino la de impedir que la asociación que precede al mismo sea perturbada por otras asociaciones posteriores. ¿Cómo explica el efecto del castigo? De forma similar al refuerzo. El castigo disminuye la probabilidad de que se repita la respuesta porque cambia el estímulo del contexto. También asume que el castigo actúa como estímulo incondicionado que suscita respuestas incompatibles con la respuesta castigada.

Guthrie no desarrolló mucha actividad experimental ni llegó a formalizar su teoría.

B) Edward Chace Tolman: propósitos, expectativas, objetivos

Tolman (1886-1959) propuso un conductismo distinto al conductismo radical de Watson y otros psicólogos y su visión del aprendizaje está cercana a las posiciones cognitivas actuales. En 1932 publicó su obra *Purposive behavior in animals and men*, resultado de sus trabajos experimentales con ratas en laberintos. Intentó elaborar un sistema conductista riguroso que hiciera justicia a la naturaleza propositiva y cognitiva de la conducta. Introdujo en la psicología los términos *propósito, expectativa* o *cognición* como variables intervinientes o *variables intermedias* para explicar las relaciones empíricas entre el estímulo y la respuesta observable, variables que deben ser definidas operacionalmente.

Para Tolman el aprendizaje no consiste en conexiones E-R a la manera de Watson y Thorndike, sino en el establecimiento de relaciones entre sucesos. Los animales, como resultado del aprendizaje, adquieren conocimiento acerca del medio ambiente, descubren la estructura causal del mundo, establecen redes de relaciones o *mapas cognitivos* entre la conducta y las metas. Los sujetos se forman mapas cognitivos internos con las expectativas de qué acciones se precisan para llegar a la meta. Es decir, aprenden relaciones cognitivas entre signos y objetos o entre medios y fines. Los animales, para llegar a una meta, elegirán los caminos más cortos en vez de los más largos.

El sistema de Tolman es a la vez conductista y guestaltista. Es conductista por su oposición a la psicología de la conciencia, pero es guestaltista porque caracteriza a la

conducta molar como cognitiva. Estudia el comportamiento como un fenómeno molar más que molecular (E y R). La unidad de estudio es el *acto conductual* sin relación con los componentes moleculares subyacentes en nervios, músculos y glándulas. Tolman fue el primero que advirtió la necesidad de diferenciar entre aprendizaje y actuación, y quien llevó a cabo experimentos a fin de mostrar que lo que aprende un animal puede no manifestarlo en su conducta de manera inmediata (Tolman y Honzik, 1932b). A este fenómeno le llamó aprendizaje latente.

En la actualidad se está valorando su obra por ser el pionero de la orientación cognitiva del aprendizaje.

C) Clark Leonar Hull: la reducción del impulso

Hull (1884-1952) construyó una teoría general del aprendizaje que tuvo mucha influencia en su tiempo. En 1943 apareció su obra *Principles of behavior: An introducction to behavior theory*, en la que pretendía hacer una ciencia exacta de la conducta. Eligió el método hipotético-deductivo para estudiar los problemas de la psicología. Consideraba adecuado comenzar a trabajar con organismos simples, como la rata, estudiando tareas también simples, como recorrer un laberinto.

Parte de la idea de que el aprendizaje permite a los animales la adaptación al medio. Propone un conductismo metodológico que opera con el paradigma estímulo-variables fisiológicas del organismo-respuesta (E → O → R). Considera que el estímulo (E) afecta al organismo (O) y, como consecuencia de ello, se produce la respuesta (R). El que la respuesta del organismo sea más o menos intensa depende de las variables del estímulo y de las variables intervinientes o "estados hipotéticos del organismo". Hull atribuye un significado intraorgánico a estas variables intervinientes. Las variables intervinientes son la intensidad del *impulso inicial* (el nivel de motivación*)*, el *incentivo* (la magnitud del refuerzo), la *fuerza del hábito* (el entrenamiento anterior) o el *estado inhibitorio* del organismo (nivel de cansancio o la disposición habitual del organismo a actuar o no, es decir, ser activo o ser perezoso). Para Hull, lo que un animal aprende se representa por la *fuerza del hábito* ($_SH_R$). No obstante, la conducta del animal está determinada por el *potencial de reacción* ($_SE_R$), del cual, la fuerza del hábito es sólo un determinante. De esta forma, el *potencial de reacción* ($_SE_R$), o probabilidad de realizar una conducta aprendida ante una situación, depende de variables como el nivel de motivación o impulso (Drive), el entrenamiento anterior o fuerza del hábito ($_SH_R$) y la inhibición tanto reactiva como condicionada ($I_R + {}_SI_R$).

Hull es un teórico del refuerzo. Considera al reforzamiento como el factor principal que determina el aprendizaje, explicándolo como *reducción del impulso*. El aprendizaje ocurre cuando las respuestas quedan reforzadas debido a una reducción del impulso o tensión fisiológica (reforzador primario) o de la reducción de tensiones relacionadas con el impulso (reforzador secundario). La disminución del impulso cumple el papel de

refuerzo, recompensa o ley del efecto de Thorndike. Es decir, el reforzamiento sólo ocurre si cubre una necesidad. Cuando el animal aprende una conducta nueva ésta se mantiene mientras sea eficaz, es decir, mientras logre reducir el impulso. Sólo se aprenden las respuestas que reducen el impulso.

Así pues, a diferencia de lo que decía Tolman, la rata en un laberinto no aprende cognitivamente por la elaboración de un mapa cognitivo, sino por refuerzo o reducción de la tensión en cada uno de los pasos previos a la consecución de la meta donde está la comida (refuerzo secundario) y por la consecución de la meta (refuerzo primario).

D) Burrhus F. Skinner: análisis de la conducta, antecedentes y consecuentes

Skinner (1904-1990) propuso un conductismo diferente a los autores anteriores. Su objetivo fundamental era identificar los factores ambientales que gobiernan la conducta para luego poder controlarla y predecirla. Su sistema es un *conductismo descriptivo* dedicado enteramente al estudio de las respuestas y opuesto al análisis de variables intermedias. Este rechazo obedece a que, según él, éstas se plantean como sustitución del control experimental de las variables independientes del ambiente y se sitúan en una dimensión diferente de la dimensión conductual. Su alternativa es el *análisis experimental de la conducta*, que implica el control experimental de las relaciones funcionales entre la conducta y las variables ambientales antecedentes y consecuentes (situación ambiental → conducta → consecuencias). Este enfoque tiene tres características: el *dato básico observable*, la *respuesta operante* como unidad de medida y el *estudio del organismo individual* con control experimental riguroso.

Define a la *conducta operante* como la acción del organismo sobre el medio que produce alguna consecuencia. Lo que importa no es tanto la morfología concreta de la conducta, sino que la conducta genera consecuencias o resultados en el ambiente. Así, el acto de presionar la palanca en la caja de Skinner es el fenómeno conductual relevante, independientemente de la forma específica en que este acto se lleve a cabo. Es igual que la rata presione la palanca con la pata delantera, con el hocico o con el rabo.

Para estudiar la conducta operante propone los diseños de caso único. En ellos se establece una línea base de actuación previa a la manipulación experimental y luego se estudia el efecto de una variable ambiental dada, en un intervalo de tiempo, en uno o varios sujetos. Los resultados de esta manipulación se comparan con los de la línea base.

Según Skinner, las respuestas operantes están controladas por las consecuencias. Es decir, el *reforzamiento es un requisito del aprendizaje*. El refuerzo lo define como el estímulo que sigue a la respuesta operante y que *aumenta la probabilidad de que se repita*. Una vez que se ha emitido la respuesta operante, si se le aplica un refuerzo, éste selecciona su presencia y aumenta la tasa de emisión de esa conducta respecto a otras conductas concurrentes no reforzadas. Ahora bien, la relación funcional que se establece entre *respuesta operante* (RO) y *estímulo reforzador* (E^r) tiene lugar en una situación ambiental determinada (E^d) que antecede a la emisión de la respuesta. Se trata del

estímulo discriminativo (E^d), cuya función es señalar la disponibilidad del refuerzo. Si el sujeto realiza la respuesta en su presencia, recibe el refuerzo. Se establece, pues, una triple relación de contingencia: $E^d \rightarrow RO \rightarrow E^r$. Veamos un ejemplo para entenderlo mejor. Cuando veo la marquesina de la parada del autobús que conduce a mi Universidad (E^d), me acerco a ella y subo al autobús (RO) para llegar a tiempo a clase (E^r).

Distingue entre el condicionamiento respondiente o pavloviano tipo estímulo, y condicionamiento operante tipo respuesta. En su libro *The behavior of organisms* (Skinner, 1938) establece la distinción experimental entre las respuestas respondientes que se *suscitan* (se generan mediante la presencia de un estímulo) y las operantes que se *emiten* (no necesitan estímulo aparente).

En su investigación estudió ampliamente el condicionamiento operante, los programas de reforzamiento, etc. y estableció leyes de aprendizaje. Sus aportaciones a la teoría del aprendizaje son tanto a nivel experimental, metodológico, como a la extrapolación de su conocimiento a la vida social o práctica.

El diseño de la caja de condicionamiento operante o *caja de Skinner* ha permitido descubrir y analizar con detalle una serie de relaciones funcionales existente entre variables ambientales y las respuestas del organismo, en condiciones de control experimental riguroso.

Se puede decir que Skinner fue un psicólogo controvertido que influyó mucho en la psicología del aprendizaje de la época. Además, aportó muchas explicaciones teóricas y propuso aplicaciones prácticas de sus principios al campo de la educación, de la clínica y del trabajo.

1.3.8. La metáfora del procesamiento de la información

En la década de 1950-1960 entró en crisis el programa conductista motivado tanto por factores internos como externos. Por una parte, se fueron acumulando una serie de anomalías teóricas y empíricas que pusieron en cuestión algunos de los supuestos básicos del conductismo. Tales anomalías se referían a la asociación por contigüidad del aprendizaje, la existencia de uno o dos tipos de aprendizaje, el carácter pasivo del organismo o la generalidad de los principios del aprendizaje, etc. Por otra parte, aparecieron factores externos a la psicología como el surgimiento de las nuevas tecnologías de la información, la informática y la cibernética que inspiraron una forma nueva de concebir el funcionamiento de la mente humana. Apoyándose precisamente en la *metáfora del ordenador*, entró en la psicología el paradigma del "procesamiento de la información", lo que hizo posible el estudio de los procesos mentales que el conductismo marginaba, como la atención, percepción, memoria, pensamiento, etc. La idea de partida del nuevo paradigma era que había una *analogía funcional entre el ordenador y la mente humana*. Ambos son sistemas de propósito general (reciben, codifican, retienen y

realizan representaciones internas) que intercambian información con su entorno mediante la manipulación de símbolos.

En el surgimiento del nuevo paradigma tuvo un papel clave la teoría de la computación de Turing y los trabajos de Wiener sobre la capacidad de los sistemas inteligentes de poder autodirigirse y modificar sus objetivos en función de la información recibida. Turing propuso el diseño formal de una hipotética máquina lógica abstracta que podía resolver cualquier tipo de problema. Esta *máquina de propósito universal* sirvió de base para la construcción posterior de los ordenadores. ¿Cómo trabaja un ordenador? Un ordenador tiene una entrada, un procesador central que opera con símbolos lógicos como medio de representar la información y una salida. La información recibida es procesada, se mantiene durante un tiempo en la memoria operativa del sistema y luego puede almacenarse en la memoria del disco duro y recuperarse después. Por ejemplo, podemos imaginar que tenemos unos resultados experimentales sobre una tarea de aprendizaje grabados en un "pen drive" y que deseamos analizarlos estadísticamente. Para ello, colocamos el "pen drive" en el ordenador (se produce la entrada de información o input). Luego activamos la memoria y la información es codificada en el lenguaje binario del sistema. A continuación se ejecuta un programa de análisis de datos (por ejemplo, el SPSS), se elige la prueba estadística pertinente y se pulsa el icono de ejecutar. Entonces el ordenador procesa esa información y de inmediato aparece el resultado del análisis en la pantalla en un lenguaje entendible. ¿Cómo trabaja la mente humana? De forma similar a un procesador de información. Los órganos sensoriales de una persona captan la información del entorno, ésta se procesa en el ejecutivo central y luego se ejecuta una respuesta pertinente. Al igual que en el ordenador, se distingue entre el nivel físico (hardware) y el nivel lógico (programa o software). La mente humana puede entenderse como un programa que manipula información en formato simbólico (software) y se lleva a cabo en el cerebro (hardware).

El nuevo paradigma cognitivo también supuso una revolución en el estudio del aprendizaje y un creciente interés por el estudio de la cognición animal y humana. Frente al paradigma conductista, el paradigma del procesamiento de la información introdujo algunos cambios importantes. En primer lugar, fueron reemplazadas las ideas reduccionistas por la aceptación de estructuras causales y procesos (estructuras de memoria, procesos de atención, etc.). En segundo lugar, fueron rechazadas las posiciones ambientalistas y fue considerada la interacción de variables del sujeto y variables de tarea en una situación ambiental concreta. En tercer lugar, se interesó más en estudiar la memoria que el aprendizaje, más en cómo se representa la información en la memoria que en cómo se adquieren o modifican esas representaciones. En cuarto lugar, se concibió al sujeto como un procesador activo de información que la busca y reelabora y no como alguien pasivo y receptivo.

Hoy en día hay una aceptación generalizada de los procesos cognitivos como mediadores entre las variables ambientales y el resultado conductual. Se considera que el aprendizaje se expresa más bien en términos de estructuras internas que en términos conductuales, aunque no se excluyen las aportaciones conductuales. Los cambios

conductuales representan índices de los procesos internos.

1.3.9. La metáfora de las redes neuronales

En la década de 1980 ha emergido una nueva alternativa para entender la cognición que corresponde al modelo conocido como *conexionismo, procesamiento distribuido en paralelo* (PDP) o *redes neuronales artificiales* (RNA) (véase Cobos, 2005).

Los conexionistas consideran inadecuado el ordenador como modelo de funcionamiento mental y lo sustituyen por el cerebro. El nuevo modelo es un sistema de procesamiento que considera que la cognición no se construye mediante el manejo de símbolos como ocurría en el modelo anterior, sino mediante activaciones que se propagan a través de una red. Para el conexionismo el procesamiento implica cambios en los procesos causales por los cuales las unidades excitan o inhiben a cada una de las otras unidades. La nueva perspectiva concibe a la mente como un sistema de computación o cálculo que procesa de forma distribuida en paralelo entre múltiples unidades análogas a las neuronas.

La idea básica de este modelo es que el funcionamiento mental se asemeja al de una red de elementos simples o unidades interconectadas entre sí. Estas unidades transportan un grado de activación o *peso* de tal forma que su activación excita o inhibe a los otros elementos de la red con los que se conecta. El modelo asume que los elementos están organizados en conjuntos de elementos funcionales o *nodos*. Cada nodo recibe entradas de otros nodos y de cada nodo emergen salidas hacia otros nodos (véase figura 1.1). Así, están conectadas un gran número de unidades por nodo y un gran número de nodos entre sí. La red es un sistema dinámico y una vez que se ha activado por una entrada inicial, extiende las excitaciones e inhibiciones hacia otras unidades y hacia otros nodos.

Para la perspectiva conexionista, el aprendizaje consiste en una serie de cambios en los pesos o en la fuerza de conexión entre las unidades que producen los patrones de activación apropiados, en las circunstancias adecuadas.

Aunque el modelo conexionista del aprendizaje es muy reciente, sus raíces se encuentran en una idea antigua. Esta idea es la de que la cognición está caracterizada por la activación de conexiones entre unidades, sean éstas ideas (caso de Hume), palabras (caso de Ebbinghaus), o pares estímulo-respuesta (caso del conductismo). Los empiristas británicos y los primeros psicólogos americanos describieron la esencia de la cognición como la construcción de asociaciones a través de la experiencia. Los sucesos que ocurren cercanos en el tiempo y en el espacio, lo mismo que los sucesos que tienen significados o características físicas similares, son conectados en la mente. La activación de una unidad o característica activa a su vez a otras con las que está ligada y el grado de la activación depende de la fuerza de la conexión.

El paradigma conexionista ha sido desarrollado en distintas áreas de la psicología (procesamiento del lenguaje, control motor, memoria, etc.), incluida la de la psicología

del aprendizaje. Se han propuesto algunas teorías explicativas de la habituación y sensibilización y del condicionamiento mediante este sistema de redes. El modelo SOP de Wagner tiene esa pretensión.

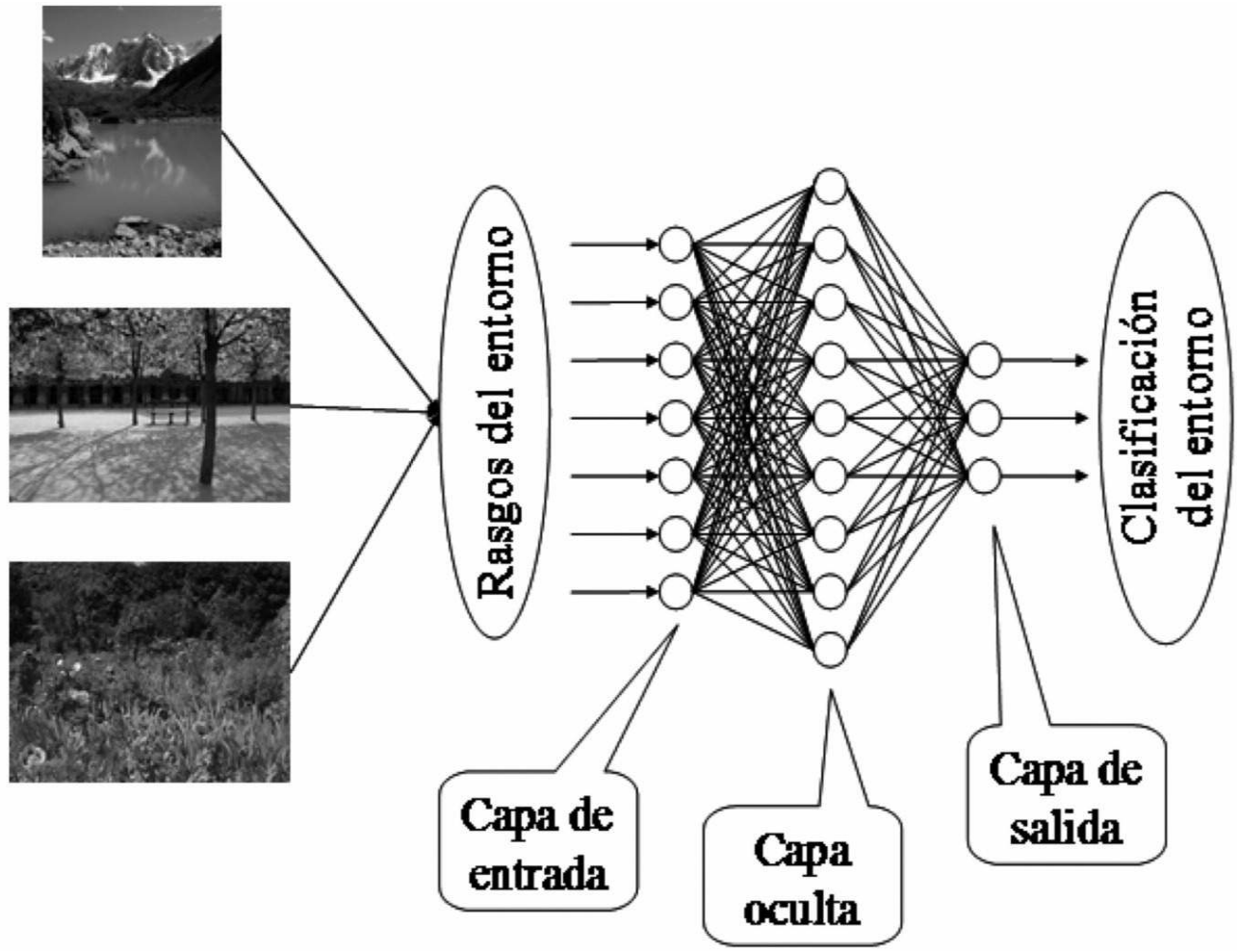


Figura 1.1. Red alimentada hacia delante de tres capas (entrada, capa oculta y salida), con un número variable de unidades o nodos por capa. En esta arquitectura de red neuronal, cada nodo está conectado con cada uno de los otros nodos de la siguiente capa. Cuando un nodo se activa, la activación producida se transfiere a otros nodos por medio de múltiples conexiones que actúan en paralelo.

En la actualidad conviven en la psicología del aprendizaje el modelo cognitivo dominante con el conexionista emergente.

1.4. El concepto de aprendizaje

Como hemos podido observar en las páginas precedentes, la respuesta a la pregunta de qué es el aprendizaje ha variado a lo largo de la historia y ha determinado lo que

estudiaba el aprendizaje y cómo lo hacía.

En la psicología del aprendizaje actual el aprendizaje se define como un *cambio relativamente estable* de la *capacidad de conducta* que ocurre como resultado de la *experiencia*, en orden a una mejor *adaptación* al entorno. Es un cambio interno inferido a partir de la conducta del sujeto o actuación. La *actuación* sería la transformación de la capacidad de conducta en conducta manifiesta.

Se trataría, pues, de un *cambio interno*, *relativamente estable*, en virtud del cual la respuesta se sigue repitiendo posteriormente. Se excluyen aquellos cambios transitorios debidos a la fatiga, a cambios en los receptores sensoriales y en los efectores, a enfermedad, a consumo de drogas o fluctuaciones de estados motivacionales como hambre, sed, etc.

Con el término *resultado de la experiencia* o *práctica* se pretende decir que el sujeto adquiere información acerca del entorno y se excluyen aquellos cambios que tienen que ver con factores de crecimiento y maduración. También se quiere hacer referencia a la diferencia entre las conductas aprendidas y las conductas reflejas o típicas de la especie (reflejos, pautas de acción fija) que no son aprendidas.

El aprendizaje, pues, es un proceso cognitivo interno inferido a partir de la conducta manifiesta del sujeto. Se diferencia claramente entre lo que es *aprendizaje* y lo que es la *actuación*. El *aprendizaje* sería el proceso de adquisición de información no directamente observable (cambio interno), y la *actuación* el cambio conductual manifiesto y registrable resultado del aprendizaje. Esta distinción es necesaria porque el aprendizaje no siempre se manifiesta directamente en un cambio conductual (por ejemplo, en el aprendizaje latente) y porque en muchos casos la información adquirida a través del aprendizaje permite la realización de conductas muy diferentes. Por ejemplo, un caballo puede saber levantar la aldaba de la puerta de su establo para salir, pero no realiza esta conducta siempre que está en el establo, sino sólo cuando tiene hambre. Una persona puede saber cantar flamenco, pero ello no garantiza que lo haga de forma habitual sino sólo en contadas ocasiones y en contextos determinados. Una persona puede saber dónde está el aeropuerto de su ciudad, pero sólo va allí cuando tiene un motivo para ello, como, por ejemplo, viajar en avión. La motivación es lo que lleva al sujeto a expresar el cambio de conducta (levantar la aldaba de la puerta, cantar flamenco o ir al aeropuerto en los ejemplos precedentes). Un fumador puede saber que fumar es perjudicial para su salud, pero no deja de fumar porque todavía eso no le resulta reforzante.

La primera persona que señaló la diferencia entre aprendizaje y actuación fue Tolman a raíz de los resultados obtenidos en un experimento seminal realizado con ratas en un laberinto radial (Tolman y Honzik, 1932b). En este experimento se utilizaron 3 grupos de ratas. En la *fase de entrenamiento*, uno de los grupos (grupo A) era recompensado con comida de forma regular cada vez que alcanzaba el brazo de elección correcto donde obtenía algo de comida (con refuerzo). Un segundo grupo (grupo B) era introducido en el laberinto y no era recompensado con comida durante los 10 primeros días por llegar al brazo de elección correcto (sin refuerzo). El tercer grupo (grupo C) no

era recompensado ninguno de los días que duró el experimento por llegar al brazo correcto (grupo control). La *fase de prueba* se inició el día 11 del tratamiento. En esta fase, el grupo B fue recompensado cada vez que alcanzaba el brazo correcto, mientas que el grupo A siguió siendo recompensado cada vez que llegaba al brazo correcto como en la fase anterior. El grupo C continuó sin ser recompensado.

Los resultados se pueden observar en la figura 1.2. En ella se aprecia que todos los grupos fueron disminuyendo progresivamente los errores, pero el grupo B disminuyó de forma significativa los errores a partir del día 11 de tratamiento, cuando se inició la recompensa por llegar a la meta. El aprendizaje fue más rápido incluso que en el grupo A. Es decir, las ratas del grupo B aprendieron a elegir el brazo correcto antes que el grupo A que siempre recibió recompensa. Los resultados del grupo B indican que las ratas habían adquirido en los 10 primeros días algún tipo de información acerca del laberinto que luego les sirvió para elegir el brazo correcto con mayor rapidez. Aunque en los 10 primeros días no se apreció ningún cambio en su conducta de elección del brazo correcto, no quiere decir que estas ratas no hubieran aprendido nada durante esa experiencia, sino que no manifestaban lo aprendido porque no se daban las circunstancias para ello. A este fenómeno lo denominó Tolman "aprendizaje latente".

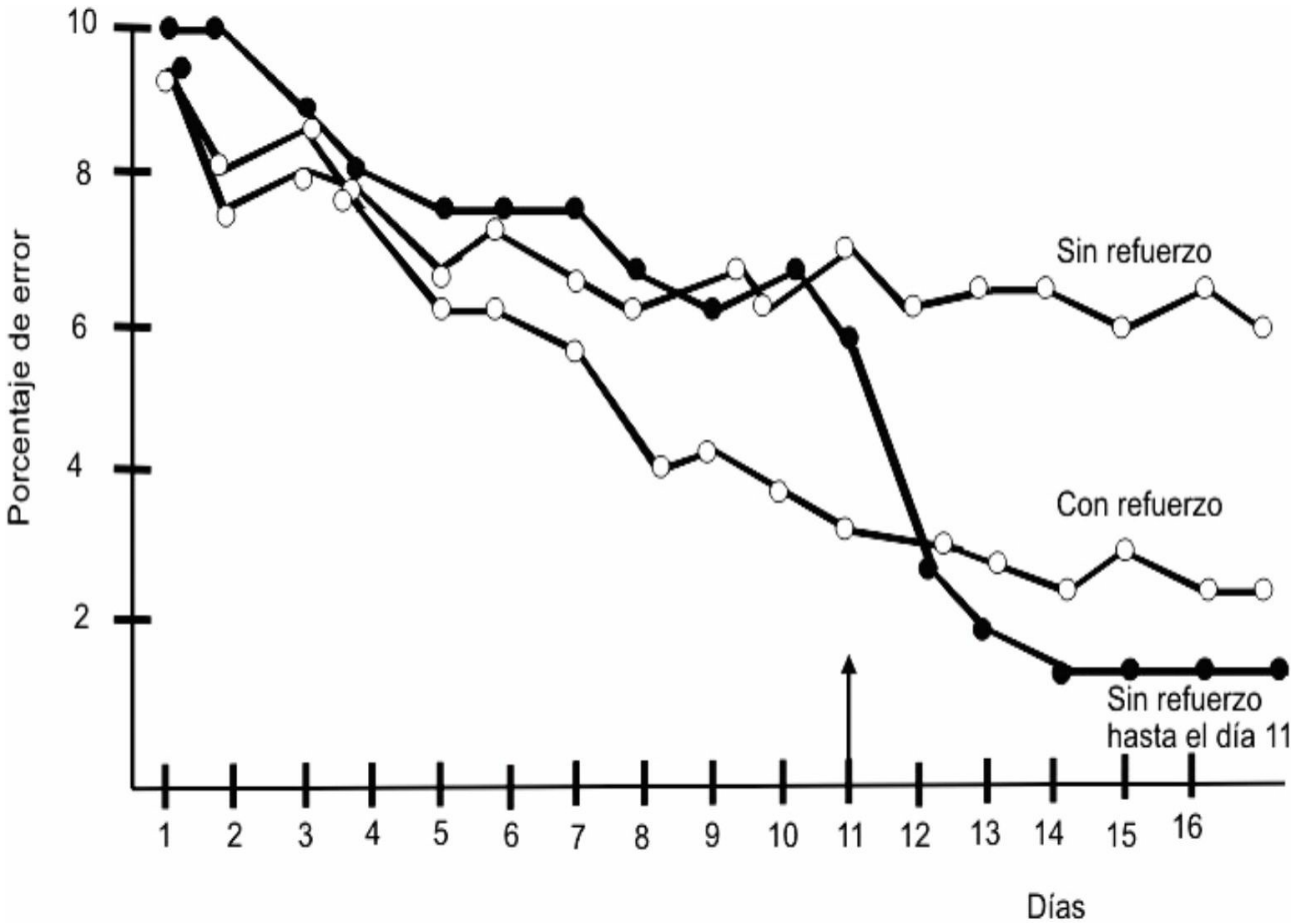


Figura 1.2. Aprendizaje latente de unas ratas en el laberinto. El grupo que no recibió ninguna recompensa los 10 primeros días de tratamiento por alcanzar el brazo de elección correcto, disminuyó de forma significativa el

número de errores cuando fue recompensado por ello a partir del día 11. Este grupo había aprendido algún tipo de información que sólo manifestó cuando fue recompensado por elegir un determinado brazo del laberinto (Según Tolman y Honzik, 1932b).

Al hablar de cambio *conducta* nos referimos a la conducta de la especie. Con ello queremos limitar el rango de respuestas que el organismo puede dar y que viene determinado por su dotación genética. Es decir, el equipamiento biológico de una especie determina lo que un animal es capaz de aprender y no aprender.

El concepto del aprendizaje en la actualidad tiene una orientación cognitiva ya que incorpora procesos cognitivos como mecanismos mediadores entre las variables ambientales y el resultado conductual (paradigma E → O →R). El aprendizaje se considera como la adquisición de expectativas acerca del entorno que permiten al sujeto actuar de forma adaptativa. Una rata apretará la palanca de la caja de Skinner porque espera conseguir un premio en forma de comida, de la misma forma que una persona trabajará 7 horas al día porque espera recibir un sueldo por ello. Es decir, la conducta del sujeto está motivada por lo que espera que sea el resultado de su conducta. En la actualidad se considera que la conducta está determinada por el estado mental del sujeto y también por el programa de reforzamiento existente en el ambiente. Ante las mismas circunstancias ambientales, dos personas pueden responder de forma distinta porque puede variar su percepción de tales circunstancias.

1.4.1. Relación del aprendizaje con otros procesos psicológicos básicos

El aprendizaje es un proceso psicológico que requiere la participación de otros procesos como la atención, percepción, memoria, motivación, etc. Por ejemplo, si mientras usted está leyendo este texto quiere aprender cuál es la relación entre aprendizaje y otros procesos psicológicos, lo primero que necesita es tener interés por esta cuestión. Si le falta la motivación para ello, es probable que no siga leyendo o que se canse enseguida. En segundo lugar, necesita prestar atención a lo que está leyendo para poder comprender lo que se dice. Si en vez de atender a lo que lee está pensando en otra cosa, es muy probable que no sepa lo que se está diciendo. Aunque es cierto que en determinadas condiciones experimentales es posible el aprendizaje con estímulos presentados por debajo del umbral perceptivo, sin embargo, para que haya un buen aprendizaje es necesario un nivel alto de atención por parte del sujeto. Además, el lector deberá organizar la información de manera que comprenda lo que se está diciendo. La nueva información la relacionará con lo que ya sabía sobre el aprendizaje y quedará mejor consolidada en la memoria. Si además quiere saber mejor el tema y pretende retenerlo durante más tiempo, será conveniente releerlo varias veces y repetirlo para que los conocimientos queden mejor consolidados y se puedan recuperar también mejor al cabo del tiempo.

Cuando aprendemos incorporamos información que antes no teníamos sobre algún acontecimiento de la vida. La retención de la información y la recuperación de la misma es lo que denominamos memoria.

Para aprender, pues, es necesario estar motivado para ello, atender, organizar la información, memorizar y elaborar una respuesta específica.

1.4.2. Aprendizaje y práctica

La repetición de una respuesta o lo que llamamos práctica, ¿es necesaria para aprender? ¿El releer varias veces este capítulo ayudaría a aprender mejor el concepto de aprendizaje? La respuesta es que sí, siempre que la relectura se realice con atención, se subraye lo más relevante, se relacione de forma adecuada los distintos aspectos del concepto de aprendizaje y no se haga de forma automática.

Ebbinghaus (1850-1909) fue pionero en estudiar esta cuestión y demostró que había una relación directa entre práctica y aprendizaje. Además, lo hizo de una forma muy ingeniosa. Construyó sílabas sin sentido de 3 letras pronunciables, consonante-vocal-consonante, tales como JEV, ZUD, VAM, etc. y luego probó en sí mismo la influencia de la repetición de estas sílabas sobre el aprendizaje. El procedimiento que empleaba era el siguiente: en primer lugar, recitaba una lista de sílabas a un ritmo de 2,5 sílabas por segundo. Pasado un tiempo evaluaba la cantidad de sílabas que recordaba. En tercer lugar, comprobaba cuántas veces más tenía que volver a leer la lista de sílabas para recitarlas sin ningún error. El resultado que encontró fue que había una relación directa entre la cantidad de sílabas aprendidas y el tiempo dedicado al aprendizaje. Cuanto mayor era la práctica, más aprendizaje se producía. Además, observó que cuando la práctica se distribuía a lo largo del tiempo era mejor que cuando se realizaba en muy poco tiempo. Por ejemplo, se aprende mejor la información contenida en este capítulo si se realiza una sola lectura los 7 días de la semana que si se repite la lectura siete veces un solo día. Así pues, la práctica distribuida es mejor que la práctica en masa.

También Thorndike estudió el efecto de la repetición sobre el aprendizaje y propuso la ley de ejercicio, pero dio una explicación un poco distinta a la anterior. Él consideraba que la práctica tenía un papel relativo en el aprendizaje porque por sí sola no conduce al aprendizaje. Sin embargo, una vez establecida la conexión modificable entre un E y una R, es decir, una vez que el sujeto ha aprendido, la fuerza de dicha conexión aumenta al repetirse la respuesta, siempre que no varíen otros factores. Así, la práctica es necesaria para consolidar el aprendizaje y para mantenerlo mejor en la memoria.

1.4.3. El aprendizaje como fenómeno biológico

De acuerdo con la teoría de la evolución de Darwin, las distintas especies poseen una serie de rasgos que les permiten adaptarse mejor a sus entornos. Aquellos rasgos que

suponen alguna ventaja para la supervivencia se mantienen en la descendencia, mientras que los que no resultan ventajosos, desaparecen.

El aprendizaje es un fenómeno biológico fruto de un proceso evolutivo. El mecanismo de la selección natural ha ido realizando cambios graduales en las estructuras físicas (y sus consecuencias funcionales) de los organismos a lo largo de millones de años que han dado lugar a la diversidad de especies que viven hoy sobre la tierra. Así, el cerebro humano, que es la estructura física donde se asienta la capacidad de aprendizaje, es fruto de un proceso de evolución de la especie humana. Lo mismo podemos decir de los demás animales. El aprendizaje se considera un rasgo adaptativo más, una ventaja evolutiva que capacita a los organismos para adaptarse a los cambios físicos y sociales del ambiente. La función del aprendizaje es extraer información de las características del ambiente y ajustar la conducta a esa experiencia, mientras que la de la memoria es mantener la información en el tiempo para luego recuperarla.

El aprendizaje, como proceso evolutivo especializado que es, se expresa dentro de la constitución genética del animal. Aunque cada especie tiene distintas formas de aprendizaje que le son propias y cada individuo múltiples capacidades, utilizan estrategias similares para la adaptación a su medio. Se reconocen factores biológicos y ambientales y se aceptan limitaciones biológicas del aprendizaje. Además, tiene en cuenta consideraciones etológicas y ecológicas. Se interesa por el análisis comparado de la conducta animal, generando nuevos intentos de establecer principios de generalización respecto a la evolución y significado adaptativo del comportamiento.

1.4.4. Procesos generales de aprendizaje y procesos especializados

El aprendizaje es un mecanismo que se ha mantenido a lo largo de millones de años y en múltiples especies. Algunos tipos de aprendizaje, como el aprendizaje no asociativo, se encuentra desde los protozoos hasta el hombre. Es decir, es un *rasgo común a muchas especies* que se ha mantenido a lo largo de generaciones porque resultaba ventajoso para su supervivencia. Lo mismo sucede con otras formas de aprendizaje más complejo, como el aprendizaje asociativo, cuyos mecanismos son comunes tanto en invertebrados como vertebrados. En ambos grupos animales aparecen fenómenos como el condicionamiento de segundo orden, el bloqueo, la discriminación condicionada, etc.

La consideración del aprendizaje como fenómeno biológico influye en lo que estudia la psicología del aprendizaje y en cómo lo hace. Una idea fundamental de la psicología del aprendizaje es la de la existencia de procesos generales de aprendizaje y procesos especializados de aprendizaje.

Hablamos de *procesos generales de aprendizaje* porque *se pueden observar en la mayoría de las especies*, en *múltiples situaciones* y permiten adquirir *información muy diversa*. Por ejemplo, los animales aprenden relaciones entre sucesos positivos (condicionamiento excitatorio), negativos (condicionamiento inhibitorio) y ausencia de relaciones (irrelevancia aprendida). Son capaces de relacionar un sabor con malestar

gástrico, un estímulo visual con ausencia de peligro o que dos sucesos no están relacionados, etc. Cada especie tiene unas características genéticas propias que determinan lo que puede aprender.

La idea de procesos generales de aprendizaje implica también que *si se descubren en una determinada especie unos mecanismos de aprendizaje, podemos confiar en que también operen esos mismos mecanismos en otras especies*. Por ejemplo, la amplia investigación realizada sobre condicionamiento clásico e instrumental indica que los principios y leyes tienen un amplio grado de generalidad entre distintas especies, incluido el hombre.

También hay *procesos especializados de aprendizaje* que son característicos de un número determinado de especies y que están programados para la adquisición de un tipo concreto de información. Suelen distinguirse por la rapidez de su adquisición y la persistencia de sus efectos. Éste es el caso del fenómeno de la impronta filial que se observa en algunas especies de aves, el aprendizaje del canto de las aves o el aprendizaje verbal humano, etc. Este aprendizaje especializado ocurre en determinados momentos de desarrollo o *períodos sensibles*.

1.4.5. Dificultades con la idea de procesos generales de aprendizaje

La búsqueda de principios y mecanismos generales del aprendizaje ha sido la tónica en el estudio del aprendizaje desde sus inicios. Sin embargo, en los años 60 del siglo XX salieron a la luz múltiples anomalías empíricas, agrupadas bajo el título de *restricciones biológicas del aprendizaje*, que hicieron cuestionar la existencia de leyes generales del aprendizaje válidas para todos los animales, incluido el hombre. El "efecto García" fue una de estas anomalías. García y Koelling (1966) realizaron una investigación sobre *aversión condicionada al sabor* donde se ponía de relieve la preferencia selectiva de las ratas por ciertas asociaciones frente a otras. Si se presentaba un estímulo compuesto de sabor, luz y sonido seguido de malestar gástrico (náusea) inducido por la ingestión de una sustancia (cloruro de litio), las ratas se condicionaban al sabor, pero no a la luz y el sonido. Por el contrario, cuando el mismo estímulo compuesto (sabor, luz, sonido) era seguido de una descarga eléctrica, las ratas se condicionaban a la luz y al sonido, pero no al sabor. Este experimento demostraba que los elementos que se asociaban no eran neutros ni arbitrarios, sino que tenían un significado biológico. El aprendizaje era específico del estímulo, lo que cuestionaba el principio de equipotencialidad de la teoría del aprendizaje de la época. La equipontencialidad consideraba que toda conducta sigue los mismos principios de aprendizaje, independientemente de la tarea y de la especie considerada. Además, la aversión condicionada al sabor se podía producir en *un solo ensayo* y con un *intervalo de 12 horas* entre los estímulos. Además, estos resultados demostraban que el aprendizaje no escribe desde el principio sobre la *tabula rasa*, como proponían los filósofos empiristas británicos del siglo XVII, sino que esta pizarra ya está preprogramada por la evolución y por tanto preparada para ajustarse al medio en el que

vive el animal.

Igualmente se comprobó que la selectividad estimular difería según las especies. Por ejemplo, la rata parece estar predispuesta a asociar sabor con enfermedad, mientras que las especies que tienen más desarrollado el sistema visual (codorniz, paloma, etc.) estaban más predispuestas a asociar estímulos visuales con enfermedad.

A raíz de estos resultados experimentales, Seligman (1970) postuló que los organismos están biológicamente preparados para asociar ciertos estímulos con ciertos reforzadores o consecuencias. De acuerdo con Seligman, la adquisición de estas asociaciones preparadas sigue leyes diferentes a las de otros tipos de asociaciones. Las asociaciones preparadas se pueden adquirir con grandes demoras entre estímulos, pueden generalizarse más fácilmente y extinguirse con más dificultad. Para Seligman, hay leyes generales de aprendizaje a la vez que distintas variantes de estas leyes generales para las asociaciones preparadas y no preparadas.

1.4.6. Aprendizaje animal y aprendizaje humano

Mientras se debatía la problemática de si hay o no leyes generales de aprendizaje, surgió en la psicología el paradigma del proceso de la información como modelo del funcionamiento cognitivo humano. Esto hizo que se replanteara la psicología del aprendizaje animal, adoptando, a partir de entonces, el marco teórico del asociacionismo cognitivo que daba cabida a los procesos cognitivos y superaba con ello algunos de los problemas planteados. Al mismo tiempo, e influida por estos hechos, surgió la psicología del aprendizaje humano con un carácter claramente diferente del aprendizaje animal, disponiendo de unos contenidos, métodos y técnicas de investigación propios que le daban un carácter singular. El sujeto de investigación de esta disciplina sería a partir de entonces exclusivamente el hombre con su sistema de representación y el lenguaje que amplían el estudio de los fenómenos del aprendizaje. El hombre dispone de algunas características propias, como la conciencia de las contingencias, que ha hecho decir a algunos autores que el condicionamiento humano es diferente del animal.

A pesar de todo esto, no hay duda de que el condicionamiento humano muestra la mayoría de los fenómenos encontrados en el condicionamiento animal y viceversa. Hoy en día se considera que aunque cada una de las disciplinas tiene su singularidad, existe una complementariedad clara entre ellas (véase Marcos, Ferrándiz y Redondo, 2003). Por ello, en los congresos sobre psicología del aprendizaje participan tanto investigadores sobre aprendizaje animal como investigadores sobre aprendizaje humano.

1.4.7. El empleo de animales en la investigación sobre aprendizaje

La mayoría de lo que conocemos hoy en psicología del aprendizaje tiene su base en los experimentos realizados con animales en el laboratorio, principalmente ratas, palomas,

conejos, perros, gatos, monos, peces, etc. Más aún, muchos aspectos de nuestra vida han mejorado gracias a los resultados obtenidos en la investigación con animales.

Ya se señaló antes que el aprendizaje es un fenómeno biológico. Los animales, lo mismo que el hombre, tienen la capacidad de aprender, de integrar información y de adaptar su conducta a las demandas del ambiente, por lo que han surgido niveles sucesivos de habilidades conductuales. La capacidad adaptativa ha progresado desde las conductas innatas no aprendidas a las conductas aprendidas mediante procesos más o menos complejos (aprendizaje no asociativo, aprendizaje asociativo, aprendizaje social, etc.), dando lugar a reglas de aprendizaje comunes a muchas especies animales de creciente complejidad en la escala filo-genética. Por esta razón, se realizan estudios con animales con el objeto de transferir dichos hallazgos a un amplio número de especies, incluida la humana.

Pero existen también razones de tipo práctico para preferir el uso de animales en la investigación sobre aprendizaje (véase Akims, Panicker y Cunningham, 2005). Todas ellas tienen que ver con el *mejor control de la situación experimental*. La mayoría de las especies utilizadas en el laboratorio son fáciles de cuidar y no tienen mucho coste económico. Es posible obtener animales de una edad y un sexo determinados en la cantidad que desee el experimentador. Hay un mayor control de la historia genética de los sujetos experimentales. Los animales que se utilizan en el laboratorio están diseñados y criados para este fin, por lo que es posible controlar mejor la experiencia pasada de los sujetos experimentales. Si en los estudios sobre aprendizaje se utilizaran animales que viven en libertad, sería difícil controlar la experiencia pasada, algo importante a tener en cuenta ya que la experiencia previa tiene un efecto sobre la conducta posterior. Normalmente los animales en el laboratorio tienen que realizar tareas artificiales como apretar una palanca, picotear un disco, etc.

Las críticas de la utilización de animales en la experimentación en psicología vienen de la idea de que la mayoría de las tareas importantes como el uso del lenguaje, la lectura o la resolución de problemas complejos, etc. no pueden estudiarse con animales.

Otra crítica es que se utilizan sólo unas pocas especies y se pretende aplicar sus hallazgos a muchas otras. La verdad es que las distintas especies tienen una dotación genética determinada por lo que existen diferencias en sus capacidades sensoriales y motoras y viven en ambientes distintos. Estas diferencias determinarían lo que cada una es capaz de aprender, es decir, las diferencias en el contenido del aprendizaje. Pero esto no implica que los mecanismos y principios del aprendizaje sean diferentes. Los contenidos de aprendizaje pueden variar de una especie a otra o de una situación a otra, pero no necesariamente los mecanismos.

En los estudios sobre aprendizaje se prefiere utilizar el *laboratorio* a los *estudios de campo* (observaciones realizadas en la naturaleza), fundamentalmente porque permiten un mejor control experimental de las variables manipuladas.

No hay que olvidar que la investigación con animales requiere el seguimiento de las normas éticas establecidas por la comunidad científica.

1.5. Resumen

El aprendizaje es un proceso psicológico que permite a los organismos modificar su comportamiento para adaptarse a las condiciones cambiantes del medio físico y social. Los organismos son capaces de asociar sucesos del ambiente. Esto les permite predecir hechos futuros importantes para su supervivencia y realizar conductas para anticiparse a ellos. De la misma forma, son capaces de variar su conducta en función de de las consecuencias. Los organismos son capaces de aprender a partir de la experiencia de otros mediante el aprendizaje social y también de discriminar y generalizar.

El capítulo hace un recorrido histórico por las corrientes de pensamiento y autores que más han influido en la psicología del aprendizaje actual: los empiristas ingleses, el darwinismo y los psicólogos animales, Thorndike, el conductismo de Watson, la escuela de la Gestalt, Ebbinghaus, la escuela reflexológica rusa con Pavlov y Bechterev y los neoconductistas como Guthrie, Tolman, Hull y Skinner. La crisis del conductismo, motivada por una serie de anomalías teóricas y empíricas, puso en cuestión algunos de los supuestos básicos del conductismo. Además, la aparición de las nuevas tecnologías de la información inspiraron una forma nueva de concebir el funcionamiento de la mente humana. Apoyándose en la *metáfora del ordenador*, entró en la psicología el paradigma del "procesamiento de la información". La idea de partida del nuevo paradigma era que había una *analogía funcional entre el ordenador y la mente humana*. Ambos son sistemas que reciben información, la codifican, la almacenan, generan respuestas e intercambian información con su entorno mediante la manipulación de símbolos. El procesamiento de la información desempeña un papel fundamental en la adaptación de la conducta de los animales a su ambiente.

En la década de 1980 emergió una nueva alternativa para entender la cognición que corresponde al modelo conocido como *conexionismo*. Los conexionistas utilizan el cerebro como modelo de funcionamiento mental. Conciben la mente como un sistema de cálculo que procesa de forma distribuida en paralelo entre múltiples unidades análogas a las neuronas. Para la perspectiva conexionista, el aprendizaje consiste en una serie de cambios en los pesos o fuerzas de conexión entre las unidades que producen los patrones de activación adecuados en las circunstancias apropiadas. Hoy conviven en la psicología del aprendizaje el paradigma cognitivo vigente junto con el conexionista emergente.

La concepción actual del aprendizaje es de orientación cognitiva ya que incorpora procesos cognitivos como mecanismos mediadores entre las variables ambientales y el resultado conductual. El aprendizaje se define como un *cambio relativamente estable* de la *capacidad de conducta* que ocurre como resultado de la *experiencia*, en orden a una mejor *adaptación* al entorno. Es un cambio interno inferido a partir de la conducta del sujeto o actuación. El aprendizaje se considera como la adquisición de expectativas acerca del entorno que permiten al sujeto actuar de forma adaptativa.

El aprendizaje es una cualidad de un sistema biológico por lo que se supone que está sujeto en último término a las leyes de la selección natural. El aprendizaje, como proceso evolutivo especializado que es, se expresa dentro de la constitución genética del

animal. Aunque cada especie tiene distintas formas de aprendizaje que le son propias y cada individuo múltiples capacidades, utilizan estrategias similares para la adaptación a su medio. Se considera que hay *procesos generales de aprendizaje* porque *se pueden observar en la mayoría de las especies*, en *múltiples situaciones* y, además, permiten adquirir *información muy diversa*. También hay *procesos especializados de aprendizaje* que son característicos de un determinado número de especies y que están programados para la adquisición de un tipo concreto de información.

Se utilizan animales como sujetos experimentales para estudiar los fenómenos del aprendizaje tomando como base la idea de continuidad biológica. Pero existen también razones de tipo práctico: es posible un *mejor control de la situación experimental*.

2
Aprendizaje no asociativo: habituación y sensibilización

2.1. Introducción

Cada uno de nosotros está expuesto diariamente a cientos de estímulos que pasan desapercibidos porque resultan irrelevantes. Sólo atendemos a aquellos que nos parecen más novedosos, más intensos o más significativos. Por ejemplo, cuando nos acercamos a la orilla de la playa percibimos el ruido de las olas, pero pasado un tiempo, dejamos de prestar atención al sonido y no nos percatamos de su presencia. De la misma forma, nos habituamos al ruido de los coches en las ciudades, al ruido del viento sobre las hojas de los árboles cuando paseamos un día de otoño por el parque o a los paneles de la carretera cuando conducimos un coche. Todos estos casos son ejemplos de nuestra vida ordinaria en los que variamos nuestra conducta ante la experiencia repetida de un mismo estímulo.

El aprendizaje no asociativo se refiere al cambio que se produce en la capacidad de reacción de un organismo como consecuencia de la experiencia con un estímulo. A nivel operacional implica, pues, la presentación repetida de un solo estímulo. Esta forma de aprendizaje también se denomina *aprendizaje preasociativo* para diferenciarlo del aprendizaje asociativo que está basado en la experiencia con al menos dos hechos, sean éstos dos estímulos del ambiente o la conducta del sujeto y sus consecuencias.

Este cambio en la capacidad de reacción suscitado por el estímulo puede tomar dos sentidos. Si el cambio consiste en una disminución progresiva de la intensidad de la respuesta, se considera que ha ocurrido un *proceso de habituación*, y si el cambio consiste en un aumento progresivo de la intensidad de la respuesta, se considera que ha ocurrido un *proceso de sensibilización*. Así pues, vemos que hay dos variedades de aprendizaje no asociativo que se denominan *habituación* y *sensibilización*.

Los términos habituación y sensibilización han sido utilizados en la discusión científica durante muchos años en varios sentidos, lo que ha dado lugar a confusiones frecuentes. Se han usado ambos términos tanto para referirse al cambio conductual como al proceso implicado en él. Por eso hay que distinguir los términos *respuesta de habituación y respuesta de sensibilización* de los términos *proceso de habituación y proceso de sensibilización*. Los términos *respuesta de habituación* y *respuesta de sensibilización* se refieren al cambio conductual manifiesto y mensurable, y los *procesos*

de habituación y de sensibilización a los mecanismos teóricos internos inferidos que son responsables de esos cambios conductuales (véase Peeke y Petrinovich, 1984). El aprendizaje no asociativo se refiere al cambio que se produce en la capacidad de reacción de un organismo como consecuencia de la experiencia con un estímulo. A nivel operacional implica, pues, la presentación repetida de un solo estímulo.

En los últimos 20 años apenas se han realizado investigaciones básicas sobre los procesos no asociativos. Ello podría significar que estos procesos han perdido importancia para la psicología del aprendizaje. Sin embargo no es así. La investigación sobre estos procesos ha sido muy abundante pero se ha orientado en dos direcciones diferentes. En primer lugar, *hacia dentro* porque se ha profundizado en el conocimiento de los procesos neurobiológicos implicados en estos fenómenos y se ha abierto el camino para estudiar otros procesos de aprendizaje más complejos (véase Squire y Kandel, 2000). En segundo lugar, *hacia fuera* por el interés aplicado que están teniendo estos procesos en distintas áreas de la psicología. Una idea que sustenta este interés es el poder predecir determinados problemas abstractos a partir de formas simples de aprendizaje. Así, se ha estudiado la relación entre habituación e inteligencia tanto en niños como en adultos de distintas capacidades intelectuales y se ha observado que los individuos que tienen mayor inteligencia se habitúan más rápidamente. En estudios con niños se ha observado que aquellos que se habitúan de forma más lenta muestran una preferencia baja por la novedad, eligen estímulos más simples, exploran su ambiente menos eficazmente y juegan de forma menos sofisticada que niños con pautas de habituación normal. También se han establecido relaciones entre habituación y personalidad, y entre habituación y determinadas psicopatologías como la esquizofrenia o la depresión. Además, se ha recurrido a la habituación para explicar la adicción a las drogas.

2.2. Relevancia del aprendizaje no asociativo

El aprendizaje no asociativo es la forma *más simple y más común* de modificación de la conducta ante las variaciones producidas en el ambiente. Es una forma de aprendizaje que se encuentra en casi toda la escala filogenética, desde los protozoos hasta el hombre. Por ejemplo, se ha observado habituación de distintas respuestas en planarias, gusanos, caracoles, peces, aves, ratas, humanos, etc. El hecho de que sea un proceso tan antiguo y que se haya mantenido a lo largo de la evolución en tantas especies, indica que es un rasgo que aumenta la capacidad de supervivencia de la especie. Esta característica de la *generalidad* resulta especialmente relevante ya que uno de los objetivos de la investigación sobre el aprendizaje es buscar los posibles procesos generales de aprendizaje comunes a todas las especies. A la vez, apoya el uso de animales en el estudio del aprendizaje.

Por otro lado, como el aprendizaje no asociativo es la forma de aprendizaje más simple que existe, se ha utilizado para estudiar los cambios neurobiológicos que ocurren en el aprendizaje. Son especialmente relevantes las investigaciones llevadas a cabo por

Kandel y cols. en los últimos treinta y cinco años que han permitido conocer con bastante precisión los procesos biológicos implicados en la habituación y la sensibilización.

Resulta importante observar que algunas de las propiedades del aprendizaje no asociativo como la generalización, recuperación espontánea de la respuesta, etc. se encuentran también en formas más complejas de aprendizaje, como el aprendizaje asociativo simple. Por ello se considera a este tipo de aprendizaje precursor de otros tipos de aprendizaje más complejos.

2.3. Habituación

La habituación se define como la disminución progresiva de la fuerza de la respuesta como consecuencia de la presentación repetida de un estímulo específico. La habituación se desarrolla de forma exponencialmente negativa a medida que transcurren los ensayos hasta alcanzar el nivel asintótico (nivel mínimo y estable de la respuesta). Es decir, si observamos una curva de habituación, podemos apreciar que la disminución de la respuesta es mayor en las primeras presentaciones del estímulo que en las últimas (véase figura 2.1). La respuesta de habituación es la manifestación externa de un *proceso de habituación* interno.

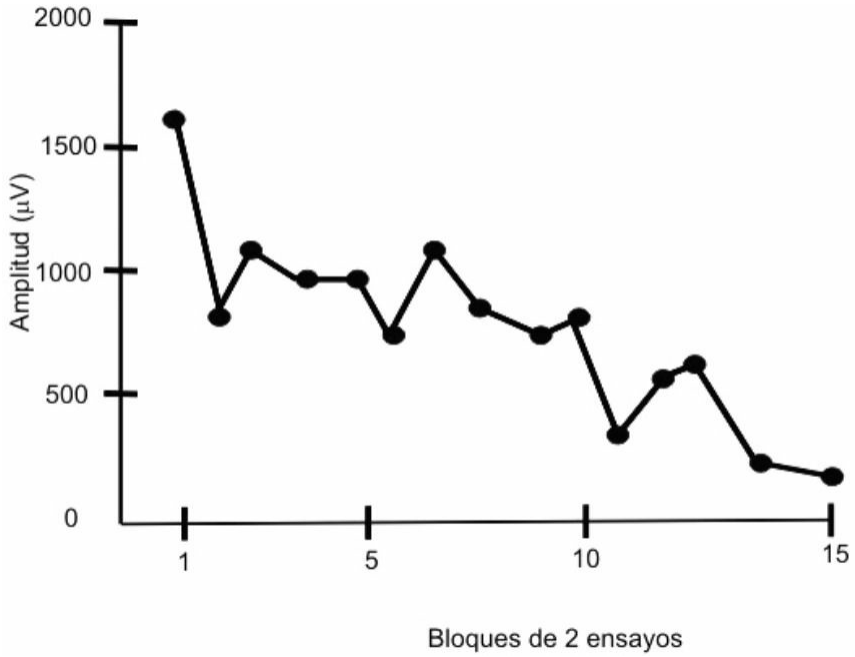


Figura 2.1. Habituación de la respuesta acústica de sobresalto en ratas. La amplitud de la respuesta disminuye ante la presentación repetida del estímulo acústico (con estímulos de 85, 95, 105 y 115 dB). La respuesta de sobresalto se midió en 15 bloques de 4 estímulos (Según Pilz y Schnitzler, 1996).

Desde el punto de vista funcional, la habituación es un proceso en el cual el organismo aprende a "no responder" o a "ignorar" los estímulos del medio que se repiten y que no son relevantes para su supervivencia. Los organismos viven en un medio natural donde se encuentran con estímulos potencialmente beneficiosos, nocivos o neutros. Cuando ocurre un suceso de forma repetida y no se relaciona con ninguna consecuencia relevante para el organismo, resulta ventajoso para éste aprender a ignorarlo. Si un organismo tuviera que responder a todos y cada uno de los estímulos del ambiente siempre que ocurrieran, necesitaría un sistema de procesamiento con muchos más recursos y posiblemente más complejos. Por eso, resulta adaptativo para los organismos aprender a no responder a los estímulos que ocurren de forma frecuente y que resultan inocuos. Las ventajas parecen claras: hay un ahorro de energía y una mayor disponibilidad del sistema para hacer frente a sucesos que puedan ser relevantes.

Aunque cualquier respuesta del organismo puede sufrir habituación, en la práctica se aprecia con claridad en la *respuesta de sobresalto* o la *respuesta de orientación*. Por ejemplo, si estamos en casa leyendo el periódico y escuchamos un ruido fuerte inesperado que viene de la calle, nos va a producir de inmediato un sobresalto: parpadearemos, levantaremos la mirada y dirigiremos la cabeza hacia la fuente del ruido. Si ese mismo ruido se repite varias veces y no tiene ninguna consecuencia, la respuesta de sobresalto y la respuesta de orientación irán disminuyendo de forma progresiva hasta desaparecer.

2.3.1. Diferencias entre habituación, adaptación sensorial y fatiga muscular

Nosotros inferimos la existencia de aprendizaje a partir de la realización de la respuesta del sujeto, pero no siempre que hay un cambio de conducta se debe al aprendizaje. La disminución de la fuerza de una respuesta por la estimulación repetida no sólo se produce por un proceso de habituación, sino también por otros motivos como la *adaptación sensorial*, la *fatiga muscular* o *cambios en el estado general*. Por tanto, es necesario diferenciar cuándo la disminución de la intensidad de la respuesta se debe a un proceso de habituación y cuándo a estos otros procesos. La habituación es un *proceso central* que ocurre dentro del sistema (en el espacio que hay entre los receptores sensoriales y los órganos efectores), mientras que la adaptación sensorial y la fatiga muscular ocurren *a nivel periférico*, bien en los receptores sensoriales (en el caso de la adaptación sensorial), bien en los órganos efectores (en el caso de la fatiga muscular). Por ejemplo, los receptores sensoriales de la visión son menos sensibles a la estimulación sensorial inmediatamente después de ser expuestos a una luz intensa y, por tanto, no responden de manera eficaz. Sólo tras un período de unos segundos o minutos de ausencia de estimulación se recupera la capacidad de respuesta. Cuando entramos a un cine con las luces de ambiente apagadas, tenemos dificultad para ver en la oscuridad. Solo después de un breve período de tiempo podemos ver mejor porque nos hemos adaptado a la oscuridad. Igualmente, si luego salimos del cine, nuestro sistema visual tiene que

adaptarse a la luz brillante. La adaptación sensorial es un fenómeno transitorio, mientras que la habituación es un fenómeno más duradero dado que la respuesta habituada puede mantenerse durante días, semanas o meses.

Puede ocurrir también que se presente un estímulo y el sujeto responda de forma débil o no sea capaz de responder porque los músculos implicados en esa acción estén fatigados. La *fatiga muscular* se produce porque el trabajo realizado ha sido intenso y se debe normalmente a una disminución del glucógeno o a una acumulación de ácido láctico en el músculo que impiden que éste se contraiga de forma normal.

Igualmente podemos dejar de responder cuando el *estado general del organismo* sufre alguna alteración. Por ejemplo, cuando estamos constipados no somos capaces de percibir los olores del ambiente y la comida resulta insípida. Si en ese estado se nos presenta repetidamente un estímulo oloroso, no responderemos porque los receptores sensoriales del olor están bloqueados.

A partir de estas explicaciones, podemos decir que la habituación tiene lugar cuando se presenta un estímulo de forma repetida y, como consecuencia de ello, se suscita una respuesta que disminuye en intensidad de forma progresiva y exponencial. Este cambio conductual no puede ser totalmente explicado por la adaptación sensorial, la fatiga muscular o los cambios en el estado general.

2.3.2. Memoria en la habituación

La habituación es un fenómeno que tiene efectos temporales a corto plazo y a largo plazo. La habituación a corto plazo es aquella que se produce tras un corto entrenamiento con el estímulo habituador y se disipa tras un breve período de tiempo sin presentar el estímulo (dura desde minutos a horas), mientras que la habituación a largo plazo puede persistir durante mucho más tiempo (días, semanas, etc.). Es decir, la una es menos duradera que la otra. Los efectos de la habituación varían según la especie, el tipo de respuesta utilizada, la duración del entrenamiento con el estímulo habituador y los intervalos entre presentaciones del estímulo. Así, los estímulos presentados a intervalos temporales breves producen habituación a corto plazo y los estímulos presentados a intervalos largos habituación a largo plazo.

2.3.3. Metodología en el estudio de la habituación

Se suelen utilizar distintos aparatos en los estudios sobre habituación dependiendo de la especie, de los estímulos que se presenten y de la teoría específica en que se enmarca la investigación.

Un aparato comúnmente utilizado para estudiar la habituación es el *estabilímetro* que registra la actividad del animal, normalmente una rata (Hoffman y Fleshler, 1964). El estabilímetro consiste en una pequeña caja de plástico sujeta por cuatro muelles a una

plataforma inferior y a veces, también a otra superior (véase figura 2.2). La plataforma inferior está conectada a un captador piezoeléctrico que registra las oscilaciones de la plataforma. Cuando se introduce una rata en la caja y se presenta un estímulo acústico intenso o novedoso, ésta se sobresalta y da una respuesta brusca, lo que ocasiona un movimiento fuerte en la caja. Este movimiento activa el captador piezoeléctrico que produce una corriente eléctrica. La señal eléctrica es filtrada, amplificada y luego enviada a un polígrafo. Las variaciones de las oscilaciones de la corriente se utilizan como medida de la amplitud de la respuesta de sobresalto. Así, si se presenta un tono de 80 dB (decibelios) a una rata colocada dentro de la caja del estabilímetro, ésta se sobresaltará y dará una sacudida. El movimiento que se produce en la plataforma se registrará en el polígrafo con un aumento de la amplitud de la respuesta. Cuando se presenta el tono de forma repetida a intervalos regulares, se produce una disminución progresiva de la amplitud de la respuesta de sobresalto.

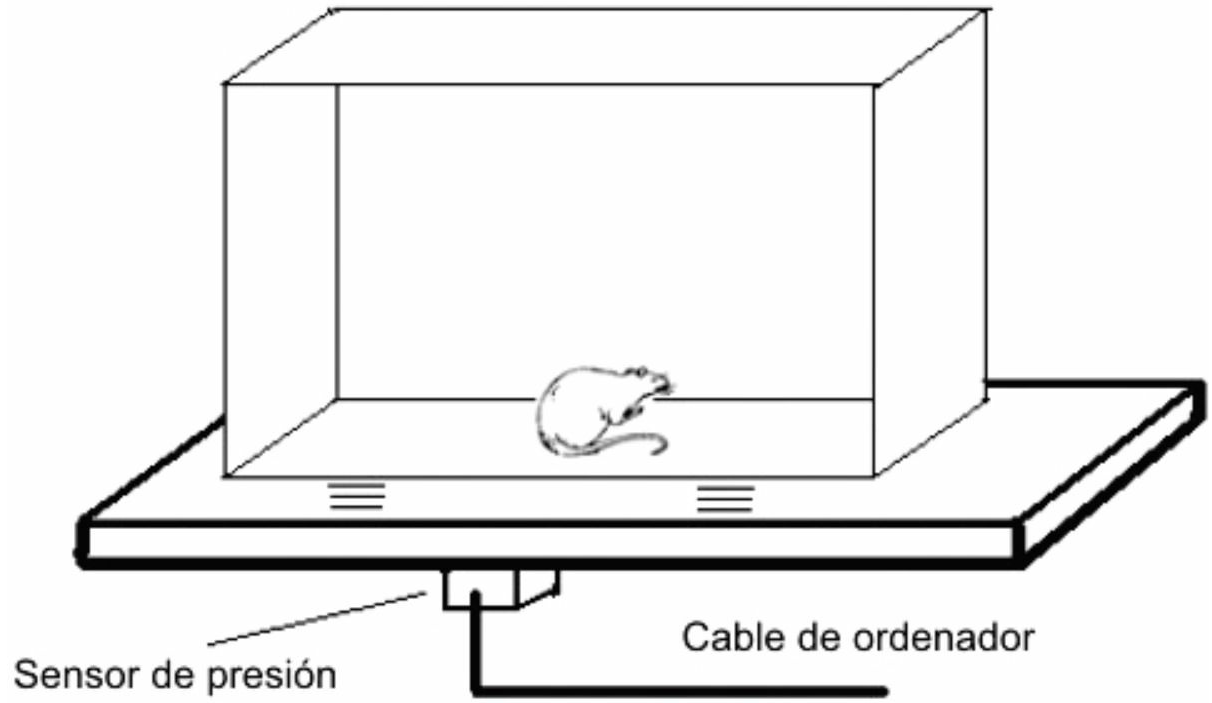


Figura 2.2. Estabilímetro para medir la respuesta de sobresalto de la rata. Consta de una caja sujeta normalmente por unos muelles a dos plataformas, una inferior y otra superior. Los movimientos bruscos de la caja producidos por el sobresalto de la rata ante un estímulo generan corrientes eléctricas en el captador piezoeléctrico que se envían a un polígrafo. Las variaciones de la corriente se utilizan como la medida de amplitud del sobresalto (Según Hoffman y Fleshler, 1964).

Cuando se estudia la habituación de la conducta emocional en ratas se suele utilizar una caja de Dielenberg y McGregor (1999). El aparato, de forma rectangular, tiene una pequeña caja de madera en la pared frontal con un hueco donde puede refugiarse el animal en caso de peligro y, en el otro extremo de la caja, un collar impregnado con olor

a gato (figura 2.3). Una sesión típica consiste en presentar el collar del gato (estímulo oloroso) en una parte de la caja. Inicialmente la rata se acerca a oler el collar, pero rápidamente se retira y se esconde en el hueco de la caja de seguridad situada en el otro extremo de la caja. Esta respuesta tiene un valor de supervivencia. A medida que se repiten los ensayos, el animal acude a esconderse con menor rapidez y permanece menos tiempo en el hueco de seguridad.

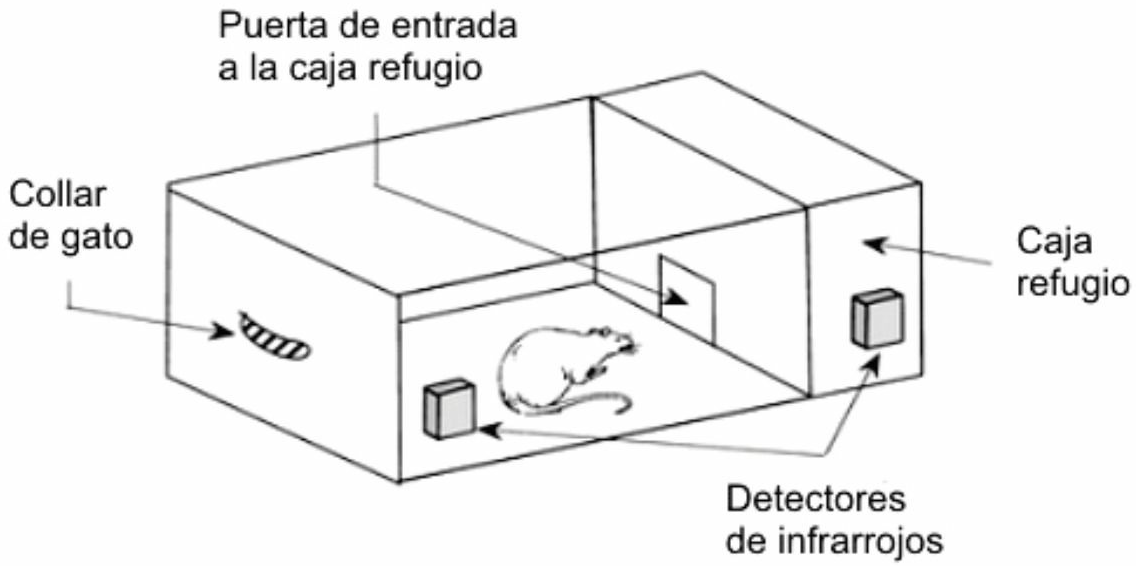


Figura 2.3. Caja experimental para estudiar la conducta emocional en ratas. La caja tiene una forma rectangular en la que en uno de sus extremos se presenta un collar impregnado con "olor a gato" y en el otro extremo hay una puerta de entrada a una caja donde puede refugiarse la rata para huir del olor (Según Dielenberg y McGregor, 1999).

Los estudios sobre habituación en humanos suelen emplear el psicogalvanómetro. Este aparato registra la respuesta de conductancia de la piel mediante unos electrodos colocados en los lugares donde existe una mayor concentración de glándulas sudoríparas ecrinas (normalmente la cara palmar de la falange media de los dedos índice y corazón). Cuando se presenta un tono de 80 dB, se produce un aumento de la amplitud de la respuesta. Si este tono se presenta de forma repetida, se produce una disminución progresiva de la amplitud de la respuesta o habituación.

2.3.4. Propiedades de la habituación

A) Especificidad estimular

La habituación es específica del estímulo que se presenta. Es decir, la habituación de la respuesta se produce sólo ante el estímulo habituador o estímulos parecidos. Si una

vez que el sujeto se ha habituado a un determinado estímulo, luego se vuelve a presentar este estímulo variando en alguna dimensión (intensidad, lugar de presentación, duración, etc.), o se presenta otro estímulo nuevo, se suscita de nuevo la respuesta. Cuanto más se modifiquen las características del estímulo habituador original, más disminuirá la habituación. Peeke y Veno (1973) realizaron un experimento en el que estudiaron la conducta territorial del pez espinoso macho (*Gasterosteus aculeatus*) en un acuario (figura 2.4). Como este animal es territorial, cuando se introdujo un segundo pez macho dentro de un tubo de cristal en lugares específicos del acuario, el pez residente lanzó repetidos ataques contra el intruso. La presencia repetida del intruso hizo que disminuyera de forma progresiva el número de ataques del residente. Es decir, el pez residente se habituó a la presencia del intruso inofensivo. Ahora bien, cuando en una segunda sesión, realizada 15 minutos después de la anterior, se variaba el lugar de presentación del pez intruso (mismo o distinto lugar) o se cambiaba éste por otro pez macho de la misma especie, el animal recuperaba la respuesta de ataque. Se observó que el mayor número de ataques se producía cuando se introducía un pez intruso diferente colocado en distinto lugar. Los niveles intermedios de ataques se producían cuando se variaba alguna de las condiciones utilizadas (ubicación o pez) y los niveles inferiores de ataques se producían cuando se presentaba el mismo pez colocado en el mismo lugar. Es decir, cuanto menos variaba el nuevo estímulo respecto al original, menor era la intensidad de la respuesta, y cuanto más difería el nuevo estímulo respecto al original, mayor era la fuerza de la respuesta.

La especificidad estimular se ha podido comprobar en diversas especies animales y distintos sistemas de respuesta.

La especificidad estimular se utiliza como criterio conductual para diferenciar el proceso de habituación como fenómeno de aprendizaje de otros procesos que también disminuyen la intensidad de la respuesta, como la fatiga muscular o cambios en el estado general.

B) Generalización

Aunque la habituación es específica del estímulo habituador, el aprendizaje adquirido se transfiere a otros estímulos similares. Es decir, el sujeto se habitúa a un estímulo específico y a otros parecidos. Por ejemplo, si vivimos en una calle con mucho tránsito de coches lo más probable es que nos hayamos habituado al ruido. Por ello, si realizan trabajos en nuestra calle y tenemos que soportar los ruidos producidos por las máquinas, no nos molestarán demasiado debido a que nos hemos habituado a vivir con ruidos. Cuanta más similitud haya entre el estímulo nuevo y el estímulo habituador, menor será la respuesta de habituación. Por el contrario, cuanta más diferencia haya entre ambos estímulos, mayor será la respuesta de habituación. En el experimento de Peeke y Veno (1973) se puede apreciar claramente la generalización estimular de la respuesta de habituación. En los resultados de la segunda sesión experimental se observa

que cuanto más parecidos eran los estímulos nuevos al estímulo habituador presentado en la primera sesión, menor era la fuerza de la respuesta de habituación (mayor habituación), y viceversa.

La generalización tiene un gran valor adaptativo ya que en el medio natural los organismos se encuentran con estímulos y circunstancias que pocas veces son idénticas a las del estímulo específico. Por eso, el poder responder de forma similar ante estímulos similares supone una gran ventaja adaptativa.

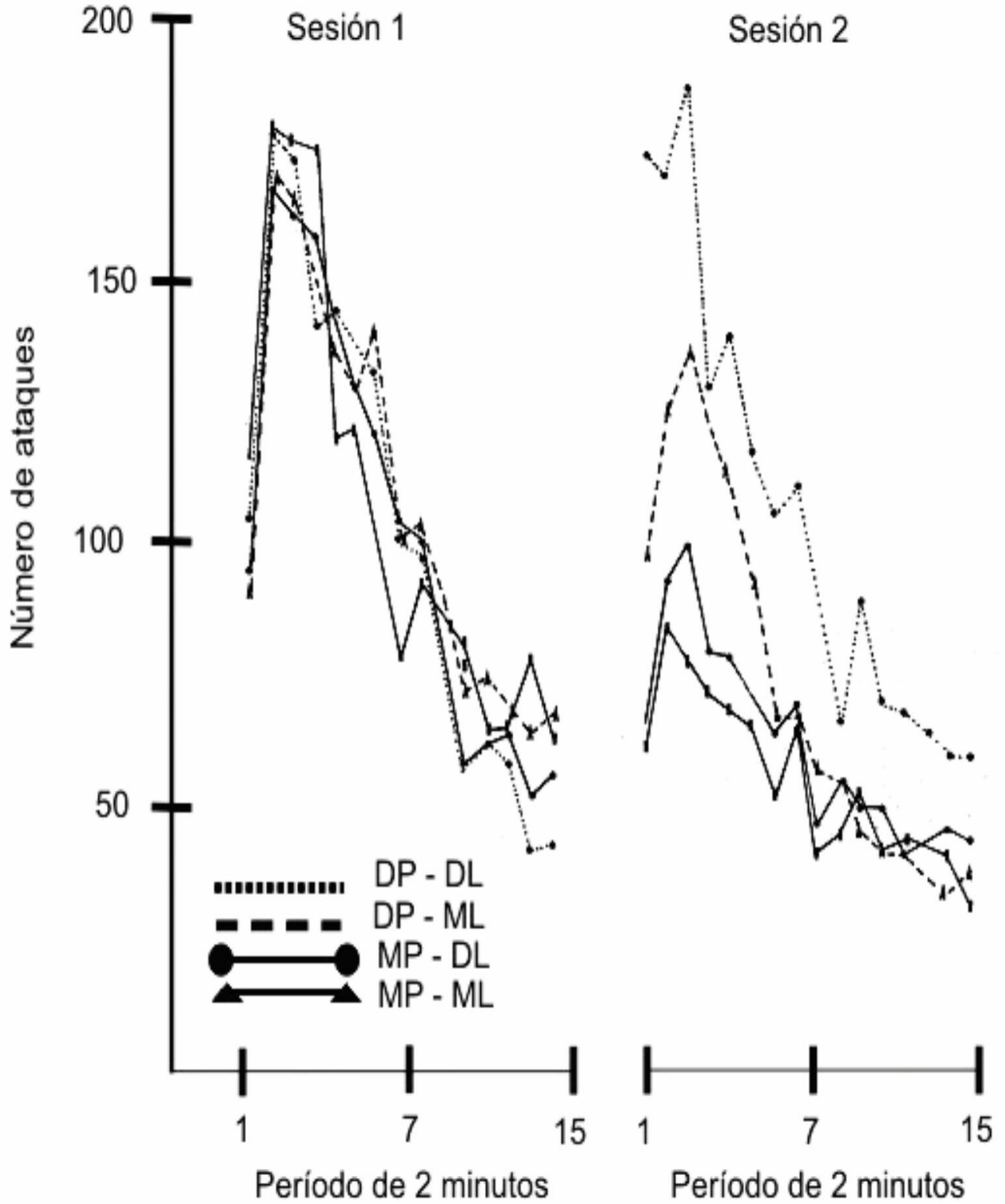


Figura 2.4. Efecto de la especificidad estimular en la habituación. En la primera sesión, 4 peces fueron expuestos a un pez intruso y se midió el número de ataques realizados. En la segunda sesión, los 4 peces fueron expuestos al mismo estímulo pero variando el grado de familiaridad (mismo o distinto pez, mismo o distinto lugar). P: Pez; M: Mismo; D: Distinto; L: Lugar (Según Peeke y Veno, 1973).

C) La recuperación espontánea de la respuesta

La habituación se retiene durante un período de tiempo más o menos largo, en función, entre otras cosas, de la cantidad de entrenamiento. En la habituación a corto plazo no desaparece la respuesta de forma irreversible, como en principio se podría pensar. Cuando se vuelve a presentar el estímulo habituador después de un período de tiempo (por ejemplo, 24 horas después de la primera sesión), reaparece la respuesta de habituación (véase figura 2.5). Este fenómeno se denomina *recuperación espontánea de la respuesta* por el simple paso del tiempo. Ahora bien, en la segunda sesión de habituación (rehabituación) reaparece la respuesta con menos fuerza que en los primeros ensayos de la sesión anterior, pero con más fuerza que al final de la misma. Además, la habituación se produce de forma más rápida que en la primera sesión. Si se repiten las sesiones de rehabituación tras un período de descanso, la respuesta decae progresivamente con mayor rapidez y el nivel final de respuesta es cada vez menor, al igual que la disminución absoluta de la misma. La repetición de las sesiones de habituación hace que se produzca cada vez con mayor rapidez la habituación de la respuesta (efecto de potenciación de la habituación). El valor adaptativo de este fenómeno parece claro. Cuando se presenta de nuevo el estímulo tras un período de tiempo, el organismo comprueba si sigue siendo inocuo o bien es beneficioso o nocivo. Si el estímulo resulta inocuo, se habitúa con más rapidez que en la sesión anterior, pero si comprueba que es beneficioso o nocivo, estará mejor preparado para responder.

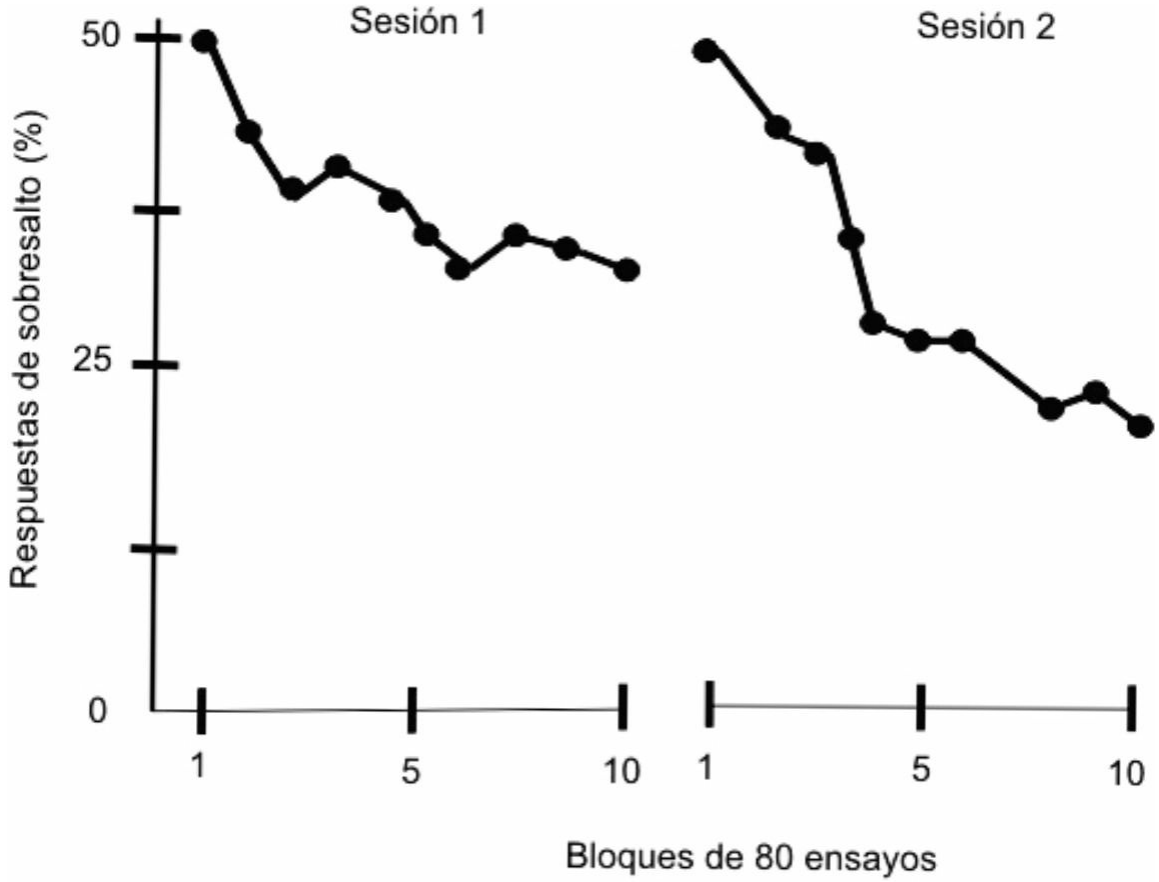


Figura 2.5. Recuperación espontánea de la respuesta (Según Marlin y Miller, 1981).

En nuestra vida cotidiana podemos encontrar ejemplos de la recuperación espontánea de la respuesta. Recordemos la persona que vivía en una calle ruidosa y que había logrado habituarse al ruido de los coches. Puede ocurrirle que, tras volver de las vacaciones de verano, le cueste conciliar el sueño por las noches por el ruido que producen los coches. Seguramente este problema no tendrá tanta intensidad como cuando comenzó a vivir en esa casa y se habituará con mayor rapidez que entonces.

El intervalo necesario para la recuperación de una respuesta habituada varía entre minutos y semanas, dependiendo de la especie, el tipo de respuesta y la cantidad de entrenamiento.

D) Deshabituación

La habituación de la respuesta puede recuperarse bajo algunas circunstancias. Una de ellas es la *deshabituación*. Si durante el proceso de habituación se presenta un estímulo nuevo inmediatamente antes o a la vez que el estímulo habituador, se produce un aumento de la fuerza de la respuesta de habituación. Pero este incremento es pasajero

ya que la respuesta de habituación se reinstaura tras unas cuantas presentaciones del estímulo habituador. También se reinstaura si se dejan pasar unos segundos antes de volver a presentar el estímulo habituador.

En un experimento realizado por Groves y Thompson (1970), unas ratas fueron expuestas a un tono que suscitaba una respuesta de sobresalto. Las presentaciones repetidas del tono cada minuto hacían que la intensidad de la respuesta fuera disminuyendo de forma progresiva. Pero, en el ensayo 15, a la mitad de los sujetos se les presentó un destello de luz antes de aparecer el tono. El resultado de esta manipulación fue que hubo una recuperación momentánea de la fuerza de la respuesta al tono. La otra mitad de los sujetos que no había recibido la luz (grupo control), no mostró recuperación de la respuesta (véase figura 2.6). Es decir, la presentación de un estímulo nuevo durante el proceso de habituación, hace que el estímulo habituador recupere su capacidad original de suscitar la respuesta. La intensidad y la sorpresividad del estímulo nuevo son variables que influyen en la capacidad de deshabituación del estímulo.

Pero, ¿esta recuperación transitoria de la fuerza de la respuesta que ocurre en la deshabituación es una simple interrupción de la habituación o una inversión de la misma? Hay datos experimentales que cuestionan estas explicaciones. Por ejemplo, a veces la intensidad de la respuesta que se produce ante el estímulo habituador tras la presentación del segundo estímulo es mayor que cualquiera de las producidas en los primeros ensayos de habituación ante el mismo estímulo. Es decir, parece más un caso particular de sensibilización que una simple inversión de la habituación. Otro dato que apoya esta explicación es el hecho de que la intensidad y relevancia del estímulo sean variables que afectan en el mismo sentido a la deshabituación y a la sensibilización. Algunos autores (Groves y Thompson, 1970) consideran que el estímulo nuevo o fuerte tiene efectos activadores y sensibilizadores generales en el organismo, de tal forma que podría incrementar cualquier respuesta que estuviera debilitada. Es decir, el nuevo estímulo elevaría el nivel de activación del organismo a cualquier estímulo y por esa razón se produciría la deshabituación. El hecho de que el efecto de la deshabituación sea pasajero, lo mismo que ocurre normalmente con la sensibilización, podría deberse a la intervención de un proceso breve de sensibilización.

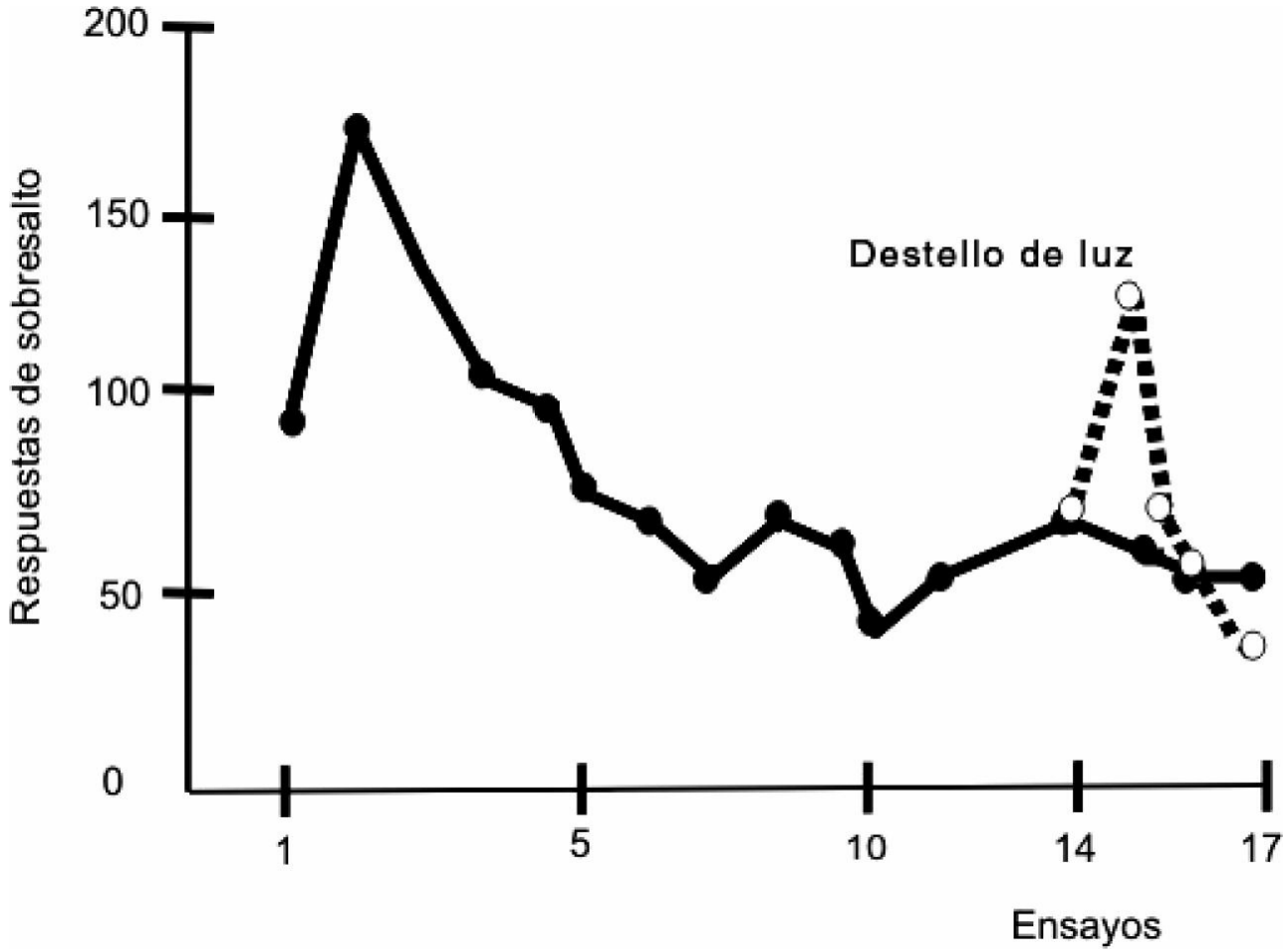


Figura 2.6. Deshabituación de la respuesta de sobresalto ante un tono. Dos grupos de ratas recibieron repetidas presentaciones de un tono (ensayos 1-14) para producir habituación de la respuesta de sobresalto. En el ensayo 15 el grupo experimental recibió un destello de luz antes de presentar el tono (línea discontinua) y el grupo control no recibió este destello de luz (línea continua). Como consecuencia de este tratamiento se produjo una recuperación temporal de la respuesta de sobresalto ante el tono en el grupo experimental, volviendo espontáneamente a los valores normales de habituación en el ensayo siguiente (Según Groves y Thompson, 1970).

La deshabituación se suele utilizar como criterio para distinguir la habituación de la adaptación sensorial, fatiga muscular, etc.

E) Cambio en el estímulo habituador

Una segunda forma de que se produzca la recuperación de la respuesta de habituación es cambiar algún aspecto del estímulo al que el organismo se ha habituado. Un ejemplo clásico de este fenómeno es el llamado "efecto Coolidge". El término tiene su origen en una anécdota graciosa y quizás apócrifa atribuida al presidente de Estados Unidos Calvin Coolidge. Un día, mientras visitaba una granja con su mujer, ésta observó

que los gallos montaban con frecuencia a las gallinas. Entonces preguntó a su acompañante cuántas veces lo hacían al día. Éste le respondió que docenas de veces. Entonces pidió que informaran de este dato a su marido. Cuando éste se enteró de lo ocurrido, preguntó: ¿siempre con la misma gallina? No, le respondieron, cada gallo tiene muchas gallinas con quién hacerlo. Y replicó el presidente: sería interesante que le remitiera esta información a mi mujer.

La evidencia empírica de este efecto es abundante en los machos de muchas especies de mamíferos, incluido el hombre. En un experimento seminal realizado con ratas (Beach y Jordan, 1956), un macho fue introducido en una caja grande con 5 hembras en estro. El macho fue montando una vez tras otra a todas las hembras hasta que quedó aparentemente agotado. El macho dejó de exhibir su conducta sexual a pesar de que las hembras realizaban conductas que indicaban disposición para el apareamiento. Sin embargo, cuando se introdujo una nueva hembra, el macho se mostró de nuevo excitado y la montó repetidas veces. Estos datos indican que el cese de la actividad sexual no se debía a la fatiga, sino a la pérdida de interés por las hembras presentes. Desde el punto de vista biológico el efecto se atribuye al aumento de los niveles de dopamina y sus consiguientes repercusiones en el sistema límbico. Aunque este efecto se ha demostrado habitualmente en machos, también se ha encontrado en hembras.

El dicho popular de que "en la variación no sólo está el gusto, sino el sentido de la vida" tiene su base en esta característica de la habituación. En la vida de cada día, si queremos salir de la rutina y el aburrimiento que a veces ésta supone, podemos cambiar de estímulo o de contexto para poder recuperar el nivel de respuesta.

2.3.5. Variables que influyen en la habituación

Existen una serie de condiciones que hacen que la habituación sea más rápida o más lenta. Factores como la intensidad del estímulo, el intervalo entre ensayos o la cantidad de entrenamiento juegan un papel importante en el fenómeno.

A) Intensidad del estímulo

La mayoría de los investigadores que han estudiado el efecto de la intensidad del estímulo sobre la velocidad de la habituación concluyen que hay una relación inversamente proporcional entre intensidad del estímulo y habituación. Es decir, cuanto más débil es el estímulo, más rápida es la habituación y menor es el nivel final de la respuesta, y viceversa. Los estímulos muy intensos tienden a producir aumento de la respuesta (sensibilización). Se podría decir que estos resultados son lógicos ya que un estímulo débil tiene menos valor de supervivencia que uno fuerte. Pero, ¿qué ocurre si se aumenta la intensidad del estímulo de forma progresiva? Davis y Wagner (1969) realizaron un experimento en el que estudiaron la respuesta de sobresalto en ratas. En

una primera fase, cuatro grupos de ratas recibieron 750 presentaciones de un tono: el grupo 1 recibió un tono de 120 dB, el grupo 2 un tono de 100 dB, el grupo 3 una serie de tonos que sistemáticamente aumentaban su intensidad desde 83 a 120 dB, en incrementos de 2,5 dB, y el grupo 4 recibió la misma mezcla de intensidades de tonos que el grupo 3, pero el orden de presentación fue al azar. En la fase de prueba todos los grupos recibieron un tono de 120 dB durante 50 ensayos. Los resultados se pueden observar en la figura 2.7. El grupo 3, que había recibido un tono que aumentaba de intensidad, mostró mayor habituación que el resto de los grupos. No olvidemos que el grupo 3 fue expuesto por primera vez al tono de 120 dB y sin embargo mostró más habituación que el grupo 1 que sí había recibido el entrenamiento con el tono de 120 dB. Así pues, se observa que los efectos de la intensidad del estímulo pueden ser modificados por la exposición previa a aumentos graduales y progresivos de la intensidad del estímulo. El efecto que se produce es una atenuación de la respuesta ante un estímulo intenso.

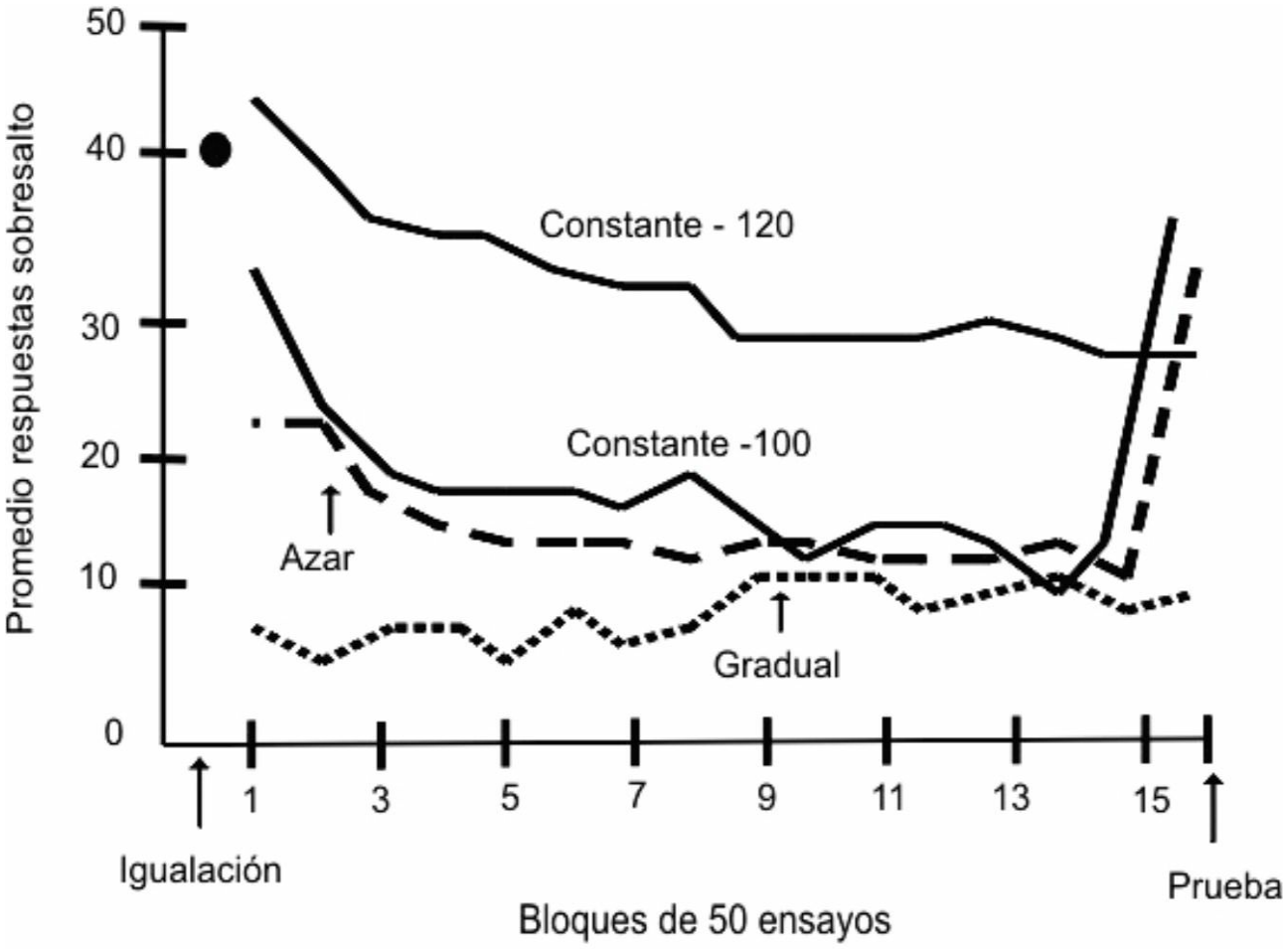


Figura 2.7. Promedio de respuestas de sobresalto en bloques de 50 ensayos en los 4 tratamientos. En la primera fase del experimento el grupo 1 recibió un tono de 120 dB, el grupo 2 un tono de 100 dB, el grupo 3 una serie de tonos que aumentaban su intensidad desde 83 a 120 dB, y el grupo 4 recibió el mismo tratamiento que el grupo 3 pero el orden de presentación de los tonos fue al azar. Todos los grupos recibieron durante la

fase de prueba un tono de 120 dB en un bloque de 50 ensayos (Según Davis y Wagner, 1969).

B) Intervalo entre ensayos

El intervalo entre ensayos (IEEn) se refiere al tiempo que transcurre entre las sucesivas presentaciones del estímulo. El IEEn tiene un efecto sobre la velocidad de la habituación. Está demostrado que cuando el IEEn es corto (entrenamiento masivo), se produce habituación a corto plazo y cuando el IEEn es largo (entrenamiento espaciado), se produce habituación a largo plazo.

C) Número de presentaciones del estímulo habituador

Cuantas más presentaciones se hagan del estímulo, mayor será la tasa de habituación. Como vimos anteriormente, el efecto de habituación se desarrolla a lo largo de los ensayos y si el entrenamiento es largo, puede llegar a desaparecer la respuesta y continuar actuando el proceso de habituación (habituación por debajo de cero).

2.4. Sensibilización

La sensibilización es un aumento de la fuerza de una respuesta preexistente como consecuencia de la presentación repetida de un estímulo. Hay dos formas de sensibilización: la sensibilización incremental y el pseudocondicionamiento.

2.4.1. Sensibilización incremental

En esta forma de sensibilización se produce un aumento progresivo de la respuesta por la presentación repetida de un estímulo intenso (Razran, 1971). Operacionalmente es similar a la habituación ya que en ambos casos se presenta de forma repetida un mismo estímulo (misma experiencia), pero el efecto es distinto. ¿A qué se debe esta diferencia? A la intensidad del estímulo que se presenta. Los estímulos de intensidad baja tienden a producir habituación de la respuesta, mientras que los estímulos de intensidad alta tienden a producir sensibilización de la respuesta.

La sensibilización, lo mismo que la habituación, puede durar desde minutos a meses, dependiendo de la duración del entrenamiento y del patrón de estimulación.

El valor adaptativo de la sensibilización es importante. La presentación de un estímulo fuerte y nocivo es una experiencia que resulta potencialmente aversiva y, por tanto, de gran significación para el organismo. El organismo responde de forma rápida e

intensa desde el inicio permitiéndole estar mejor preparado para afrontar las posibles consecuencias futuras del estímulo, aumentando con ello las posibilidades de supervivencia. Ahora bien, si se sigue presentando el estímulo y no hay consecuencias relevantes para el organismo, éste disminuirá progresivamente la intensidad de la respuesta. Posiblemente éstas sean las razones por las que la sensibilización es característica de las primeras presentaciones del estímulo. En el experimento de Peeke y Veno (1973) podemos apreciar este resultado (véase figura 2.4). Las primeras apariciones del pez intruso eran respondidas con ataques rápidos e insistentes del pez residente. La frecuencia de estos ataques aumentaba a medida que se sucedían las primeras presentaciones del pez intruso, pero luego, en las siguientes apariciones, disminuían los ataques de forma progresiva una vez comprobado que el intruso no suponía ningún peligro (o que sus ataques no resultaban efectivos). Si ante la presentación de un estímulo intenso y potencialmente peligroso el organismo respondiera de forma moderada o débil, estaría menos preparado para afrontar las posibles consecuencias y, por tanto, resultaría una desventaja para su supervivencia.

2.4.2. Pseudocondicionamiento

Un organismo que se encuentra con un estímulo fuerte aprende rápidamente a responder de forma más fuerte a una variedad de otros estímulos aunque sean potencialmente inofensivos. En estas situaciones decimos también que el organismo está sensibilizado. Esto significa que los organismos aprenden a agudizar sus reflejos defensivos para retirarse o escapar, lo que supone un aumento momentáneo en el nivel de activación del organismo y una modificación de la disposición del organismo a responder a los siguientes estímulos. Probablemente ello supone una facilitación de los procesos atencionales.

Como vemos, la sensibilización se manifiesta también ante estímulos débiles que son previamente inadecuados para suscitarla. El pseudocondicionamiento, pues, es una forma de aprendizaje no asociativo en la que el organismo responde de manera nueva e intensa a un estímulo neutro como consecuencia de la exposición previa a un estímulo incondicionado (EI), normalmente aversivo e intenso. Se trata de una forma de aprendizaje más compleja que la habituación en la que el organismo aumenta su nivel de atención ante cualquier otro estímulo, incluso ante aquellos que tiene la experiencia previa de que son inocuos.

Desde el punto de vista operacional requiere la presentación de *dos estímulos*: un *estímulo aversivo*, que actúa como estímulo incondicionado (EI) y que suscita una respuesta intensa, y un *estímulo neutro*, con valor motivacional bajo, que por sí solo no suscita la respuesta que luego va a provocar. La respuesta provocada por el estímulo neutro se llama pseudocondiconada o falsamente condicionada porque no depende de un emparejamiento previo del estímulo neutro con el EI.

Por ejemplo, si una rata recibe una serie de descargas eléctricas de intensidad

suficiente en las patas en un compartimento de la caja experimental de vaivén, saltará y escapará corriendo al otro compartimento que está libre de ellas cada vez que se aplique el estímulo. Si tras un período de descanso se presenta un tono, la rata correrá hacia el otro compartimento de la caja de la misma forma que lo hacía ante las descargas. La respuesta de correr ante el tono se denomina respuesta pseudocondicionada porque el tono no había sido emparejado previamente con la descarga y, por tanto, no podía ser el resultado de una asociación tono-descarga.

También en nuestra vida diaria podemos encontrar abundantes ejemplos de este fenómeno. Es muy probable que cuando estemos en el cine viendo una película de miedo nos sobresaltemos siempre que aparezca el asesino, el objeto o el monstruo que nos produce miedo. Incluso, en estas ocasiones, podemos reaccionar con un sobresalto simplemente por el hecho de que alguien nos toque por detrás en el hombro. Esta segunda reacción sería fruto de un proceso de pseudocondicionamiento.

Un experimento ilustrativo de esta tercera forma de aprendizaje no asociativo fue realizado por Erickson y Walters (1988). Utilizaron el caracol marino *Aplysia californica* como sujeto experimental. En el grupo de pseudocondicionamiento, los animales realizaron un entrenamiento de 10 ensayos con un estímulo aversivo (descarga eléctrica intensa de 50-60 mA, 60 Hz, 0,5 s de duración) aplicado en la cola o en la cabeza del animal a intervalos de 5 s, 5 min ó 10 min según los grupos, que producía una respuesta intensa de retracción del sifón. Pasadas 24 horas, presentaron un nuevo estímulo (descarga eléctrica leve de 10 mA, 60 Hz, 0,5 s de duración), aplicado en la parte media del cuerpo. El resultado fue que la presentación de este nuevo estímulo suscitaba la respuesta de la retracción del sifón, una respuesta similar a la producida por la descarga previa (EI), a pesar de no haber sido presentado nunca asociado a ella.

Así pues, en el pseudocondicionamiento, la experiencia con un estímulo aversivo modifica la reacción a otros estímulos, de tal forma que la presentación de cualquier estímulo nuevo suscita una respuesta totalmente nueva semejante a la producida por el estímulo aversivo intenso. Por eso se le considera una forma de sensibilización indirecta. Erickson y Walters (1988) señalan que el pseudocondicionamiento es un proceso no asociativo distinto de la sensibilización y de la habituación. Para ellos, este fenómeno implicaría un cambio en la selección y en la topografía de las respuestas ante un estímulo nuevo tras la presentación de un EI, mientras que la sensibilización sería el aumento de la intensidad de una respuesta preexistente ante la presentación de un EI.

2.4.3. Propiedades de la sensibilización

A) Curso temporal de la sensibilización

Se suele considerar a la sensibilización como un fenómeno característico de las primeras presentaciones del estímulo, lo que indica que sólo tendría efectos a corto plazo (memoria a corto plazo). Eso es lo que ocurre en bastantes sistemas de respuesta en los

que las primeras presentaciones del estímulo suscitan un aumento progresivo de la respuesta que luego decae en los ensayos siguientes. La forma típica de la curva de sensibilización se caracteriza en estos casos por una tendencia ascendente hasta alcanzar un máximo que luego disminuye de forma progresiva, aunque el curso temporal final puede variar mucho según los casos (véase figura 2.4). Sin embargo, en otros sistemas de respuesta los efectos de la sensibilización no son exclusivos de los primeros ensayos, sino que duran mucho más tiempo (memoria a largo plazo). Por ejemplo, los estudios de Kandel y cols. (véase Kandel, 1976), realizados con el caracol marino *Aplysia*, han demostrado que la aplicación de 10 descargas eléctricas durante 3 sesiones suscitaba una respuesta de sensibilización que se mantenía durante varias semanas.

A pesar de estas diferencias parece que la duración de la sensibilización está determinada en gran medida por la intensidad del estímulo, el intervalo entre ensayos y la duración del entrenamiento.

B) Generalización de la sensibilización

Cuando un organismo se sensibiliza a un determinado estímulo, aumenta su reacción para otros muchos estímulos diferentes. Al contrario de lo que ocurre en la habituación, la sensibilización es menos específica para el estímulo y presenta un grado mayor de generalización. El ejemplo de la rata que recibe estímulos aversivos en la caja de vaivén puede servirnos para ilustrar este efecto de generalización. En una primera fase la rata se sensibiliza a las descargas eléctricas y escapa de ellas corriendo cada vez más deprisa al otro compartimento. Si tras esta experiencia previa con las descargas, se presentan un destello de luz, un tono o unas descargas de diferentes intensidades, etc., la rata correrá ante estos estímulos nuevos como lo hacía ante las descargas. Es decir, la respuesta de correr ocurre ante estímulos parecidos y también ante estímulos muy diferentes. Ahora bien, el hecho de que esta reacción se extienda a una amplia variedad de estímulos no quiere decir que la generalización sea ilimitada. Por ejemplo, Miller y Domjan (1981) han demostrado que la sensibilización inducida por medio de descargas se limita a claves exteroceptivas y no se generaliza a nuevos estímulos de sabor, y la sensibilización inducida por malestar gástrico se limita a estímulos gustativos y no a claves exteroceptivas. El dolor cutáneo parece activar sistemas de sensibilización distintos al malestar gástrico. Es probable, pues, que el tipo de estímulo al que se sensibilice el organismo y el valor biológico que éste tenga para la especie, influyan en el efecto de generalización de la sensibilización. Hay que señalar que la relevancia de los estímulos no es igual en todas las especies, sino que existen diferencias biológicas claras entre unas especies y otras.

2.4.4. Parámetros de la sensibilización

Existen una serie de variables del estímulo que influyen en que se pueda suscitar el incremento de la repuesta. Entre las más importantes se encuentran: la intensidad del estímulo, la duración del estímulo y el intervalo entre estímulos.

A) Intensidad del estímulo

La intensidad del estímulo es el factor más relevante para que ocurra la sensibilización. Hay una relación directa entre intensidad y sensibilización. Cuanto más intenso es el estímulo que se presenta, mayor es la sensibilización que se produce.

Davis (1974) realizó un experimento en el que comparó la respuesta de sobresalto de dos grupos de ratas ante la presentación repetida de un tono de 120 dB (4.000 Hz, 90 ms de duración) y un intervalo entre ensayos de 30 s. Todos los animales del experimento recibieron 100 ensayos. Ambos grupos fueron expuestos de forma permanente a un ruido de fondo en la caja experimental que difería en intensidad según el grupo: ruido moderado de 60 dB en uno (grupo A) y ruido intenso de 80 dB en otro (grupo B). El resultado fue que la respuesta de sobresalto ante el tono de 120 dB fue distinta en los dos grupos. La respuesta decrecía a lo largo de los ensayos en el grupo que fue expuesto al ruido de fondo moderado (A), mientras que aumentaba en el grupo que fue expuesto al ruido de fondo alto (B). Es decir, la presentación de un mismo estímulo provocaba dos efectos distintos: habituación en un caso y sensibilización en el otro. ¿Por qué ocurría esto? Probablemente porque el ruido de fondo alto activaba más el sistema nervioso central y aumentaba la disposición del animal para responder. En cambio, el ruido de fondo bajo tenía menor efecto activador del sistema nervioso y suscitaba una respuesta menor (véase figura 2.8).

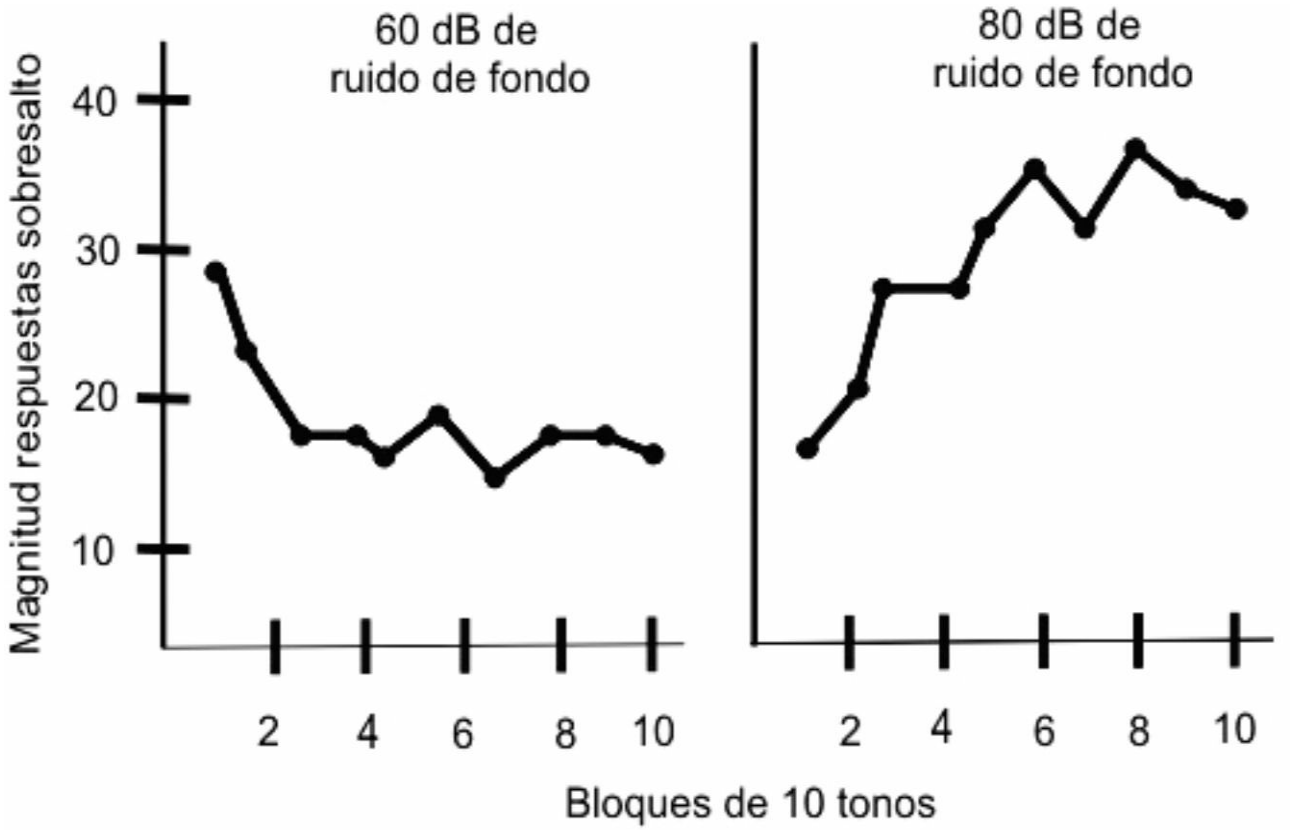


Figura 2.8. En la gráfica de la izquierda se muestran los resultados del grupo que recibió un ruido de fondo moderado (grupo A), donde se aprecia una habituación rápida de la respuesta de sobresalto. En la gráfica de la derecha se muestran los resultados del grupo que había recibido un ruido de fondo intenso (grupo B), apreciándose una mayor intensidad de la respuesta, sobre todo en los primeros ensayos, disminuyendo luego de forma progresiva (Según Davis, 1974).

B) Intervalo entre ensayos

Se refiere aquí al tiempo que transcurre entre las sucesivas presentaciones del estímulo. El IEEn interactúa con la intensidad del estímulo. De una forma general se considera que cuando se emplean estímulos de intensidad baja, cuanto menor sea el intervalo entre estímulos, más rápida será la habituación, y cuanto más espaciados se presenten los estímulos, más lenta se producirá la habituación. Cuando se emplean estímulos de intensidad media se encuentra la misma relación, pero menos alta. A su vez, cuando se emplean estímulos de intensidad alta, se desarrolla la sensibilización tanto para intervalos entre estímulos cortos como largos.

A veces la interacción entre la frecuencia del estímulo y la intensidad presenta patrones de interacción más complejos. Hay otros factores que también pueden influir en los resultados como el tipo de estímulo que se presente, el sistema de respuesta investigada y el procedimiento empleado.

C) Duración del estímulo

La duración del estímulo sensibilizador también va a influir en la respuesta. En un estudio realizado por Davis (1974), se investigó el efecto que podía tener la exposición constante a un ruido de fondo intenso (80 dB) sobre la respuesta de sobresalto en ratas. En distintos momentos del experimento se presentaba un tono discreto que suscitaba la respuesta de sobresalto. El resultado fue que la intensidad de la respuesta ante el tono aumentaba de forma progresiva hasta los 30 minutos de exposición al ruido de fondo y luego se mantenía en un nivel estable hasta el final de la prueba. Estos datos parecen indicar que la respuesta final observable es el resultado de una interacción entre la activación nerviosa que produce un estímulo sensibilizador y su duración.

2.5. Neurobiología del aprendizaje no asociativo

Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) desarrolló la doctrina de la neurona y proporcionó la evidencia anatómica de la comunicación entre neuronas a través de contactos especializados que hoy denominamos sinapsis. Además, formuló la hipótesis de la plasticidad sináptica, según la cual, la fuerza de las conexiones sinápticas no es fija, sino plástica o modificable como consecuencia de su propia actividad. Por su parte, el neurofisiólogo Charles Sherrington (1857-1952) también sugirió que un cambio plástico en las sinapsis por disminución funcional de la efectividad sináptica podría ser el responsable de la habituación observada en el reflejo de flexión de la pata del gato ante un estímulo táctil presentado de forma repetida, aunque no pudo demostrar experimentalmente esta hipótesis con las técnicas neurofisiológicas que disponía. Años más tarde, Thompson y Glanzman (1976) registraron la actividad eléctrica en neuronas aisladas de la médula espinal de una rana mantenidas en una solución oxigenada y descubrieron que este sistema manosináptico aislado manifestaba memoria de la habituación como una forma simple de plasticidad conductual.

Éste y otros estudios posteriores demostraron que para analizar la habituación u otras formas de aprendizaje más complejas se requerían sistemas todavía más simples, lo que hizo que muchos investigadores dirigieran su interés hacia los animales invertebrados tales como mariposas o caracoles cuyos sistemas nerviosos contienen relativamente pocas neuronas, lo que simplifica las tareas del análisis celular.

2.5.1. Plasticidad neuronal y aprendizaje

En la década de 1970, Kandel y colaboradores eligieron para sus estudios a un molusco marino que reunía las condiciones morfológicas idóneas para ser usado como modelo experimental: la *Aplysia californica* (véase Squire y Kandel, 2000). Este caracol marino mide aproximadamente 1 m de longitud, tiene un órgano respiratorio externo, la

branquia, situada en el fondo de una cavidad que normalmente está parcialmente cubierta por el *repliegue del manto* (véase figura 2.9). Tiene, además, un pequeño tubo carnoso por encima de la branquia en forma de *sifón* que utiliza para expulsar el agua del mar. Su sistema nervioso es simple y contiene sólo unas 20.000 neuronas, agrupadas en 10 ganglios (2.000 neuronas por ganglio), y la mayoría de ellas excepcionalmente grandes (algunas alcanzan casi 1mm de diámetro). Todo ello hace que sean ideales para realizar registros electrofisiológicos. Además, la mayoría de las neuronas son invariantes e identificables, lo que permite numerarlas y reconocerlas en cada miembro de la especie.

Los investigadores estudiaron el *reflejo de retracción de la branquia y el sifón*. Cuando se aplica un estímulo táctil sobre el repliegue del manto o el sifón del animal, se retraen bruscamente el sifón, el repliegue del manto y la branquia hacia el interior de la cavidad del manto. La función de este reflejo de defensa es proteger la branquia de un posible daño. Como otras respuestas defensivas, este reflejo de retracción se habitúa o se sensibiliza según sea la intensidad del estímulo que se aplique.

A) Procedimiento experimental

El procedimiento típico en la *habituación* consiste en tocar el sifón con un pincel (estímulo novedoso de intensidad débil) que provoca la retracción brusca de la branquia y del sifón. Después de una sesión de entrenamiento de 10 ensayos, el animal muestra una reacción débil o ninguna reacción, es decir, se habitúa al estímulo. La duración de la retención de la información está relacionada con la duración del entrenamiento. Una sesión de 10 estímulos hace que la habituación dure entre 10-15 min, mientras que 4 sesiones de entrenamiento de 10 estímulos cada una, espaciadas a lo largo de 4 días, hace que la habituación dure 3 semanas.

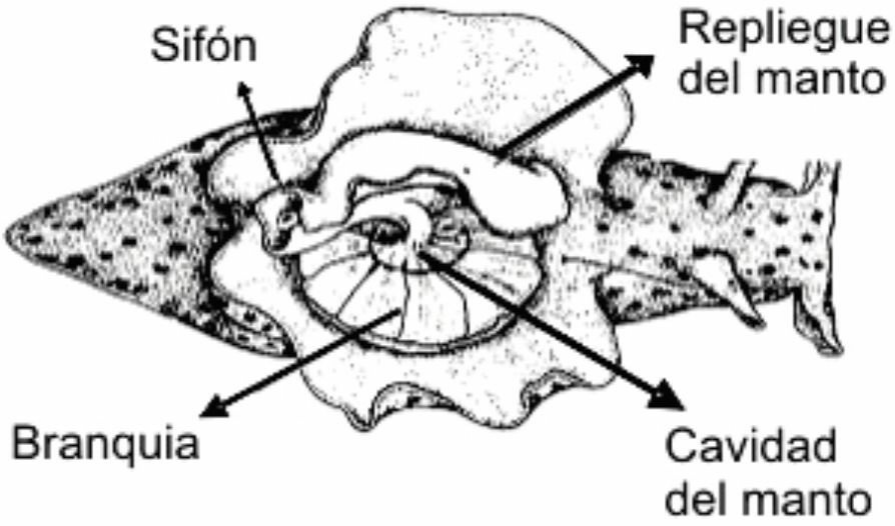


Figura 2.9. Caracol marino *Aplysia californica*. Detalle de las parte anatómicas implicadas en los experimentos sobre habituación y sensibilización (Según Kandel, 1976).

El procedimiento típico en la *sensibilización* consiste en presentar una descarga eléctrica en la cola del animal que suscita el repliegue intenso de la branquia y el sifón hacia el interior de la cavidad del manto. Si se presenta una segunda descarga, la información lograda en esta experiencia se retiene durante unos minutos. Después de aplicar 4-5 descargas se retiene la información durante dos o más días. Un entrenamiento aún mayor con las descargas da lugar a una memoria que dura varias semanas. Así pues, cuantas más veces se presenta el estímulo, más tiempo se retiene la información.

B) Lugar donde se producen los cambios

Se ha observado que el reflejo de retracción de la branquia está controlado por el *ganglio abdominal*. Este ganglio desempeña además otras funciones diversas como la retracción del sifón, el bombeo respiratorio, la emisión de tinta y la secreción de moco, etc. Se ha observado que en el control del reflejo de retracción de la branquia intervienen unas 100 células. También se ha identificado el *circuito* del reflejo de retracción de la branquia y se ha comprobado que está formado por dos agrupamientos de unas 40 neuronas sensoriales que inervan la piel del sifón y que mandan información a 6 neuronas motoras que inervan la branquia y 7 neuronas motoras que inervan el sifón. Estos agrupamientos de neuronas sensoriales están conectados a su vez con otras interneuronas excitatorias e inhibitorias que hacen sinapsis con las neuronas motoras. Así, la estimulación táctil de la piel del sifón produce la activación de las neuronas sensitivas del sifón que hacen sinapsis con las interneuronas y con las neuronas motoras de la branquia. Todas estas señales convergen en las neuronas motoras de la branquia, provocando una descarga repetida que conduce al reflejo de retracción de la branquia. Así, un potencial sináptico en cualquiera de las neuronas sensitivas produce un potencial sináptico excitatorio tanto en las interneuronas como en las neuronas motoras.

El "locus celular" donde se producen los cambios plásticos en el reflejo de retracción son las sinapsis establecidas entre las neuronas sensoriales y sus células diana (interneuronas y neuronas motoras). Éstas incluyen las conexiones establecidas entre las neuronas sensoriales de la piel del sifón con las células diana y también las conexiones entre las interneuronas y las neuronas motoras.

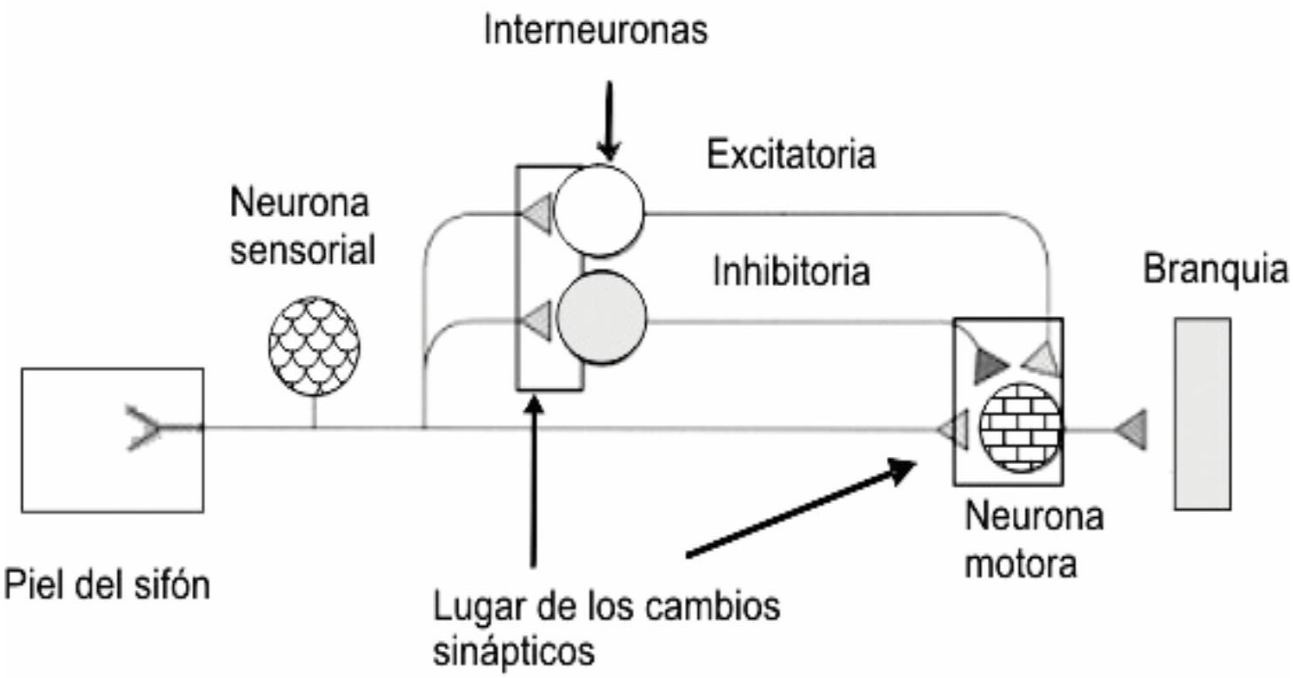


Figura 2.10. Esquema simplificado del circuito neuronal implicado en el reflejo de retracción de la branquia. Los cambios neuronales que ocurren en el aprendizaje no asociativo tienen lugar en las sinapsis de las neuronas sensoriales con sus células diana (interneuronas y neuronas motoras) (Según Squire y Kandel, 2000).

C) Mecanismos celulares implicados

1. *Habituación*

Cuando se presenta varias veces el estímulo táctil de intensidad baja, se habitúa la respuesta del reflejo de retracción de la branquia. El potencial sináptico se hace progresivamente más débil hasta que llega un momento en que deja de provocar el potencial postsináptico en la célula diana. Esta disminución persistente de la eficacia de la transmisión sináptica sensorio-motora se denomina *depresión de la transmisión sináptica*. Pero, ¿a qué se debe esta disminución de la transmisión sináptica de las neuronas sensoriales a medida que se repite el estímulo? A la menor liberación del neurotransmisor en la hendidura sináptica tras cada potencial de acción, debido a una serie de cambios moleculares que ocurren en la terminal presináptica. Concretamente, hay una desactivación de los canales de Ca^{2+} en cada potencial de acción, lo que provoca una menor entrada de Ca^{2+} al interior de la célula que da lugar a una serie de acontecimientos. En primer lugar, hay una disminución de la capacidad de movilización de las vesículas sinápticas hacia las zonas activas de la membrana, lo que merma su disponibilidad para verter su contenido. En segundo lugar, hay una menor liberación de neurotransmisor a la hendidura sináptica. Esta *depresión sináptica* conduce a una progresiva menor activación de las neuronas motoras por falta de neurotransmisor y por

ello a una reducción de la respuesta conductual. También interviene en esta depresión sináptica la acción del segundo mensajero *adenosín monofosfato cíclico* (AMPc).

¿Y qué ocurre en la habituación a largo plazo? Parece que se producen cambios similares a la habituación a corto plazo, pero éstos son más profundos y prolongados. La *depresión sináptica más profunda* se deriva tanto de cambios fisiológicos como de cambios estructurales en la neurona sensitiva. Utilizando el microscopio electrónico se ha visto que en la habituación a largo plazo se reduce el número de terminales presinápticos, el número de zonas activas en las terminales presinápticas y el tamaño de éstas, así como el número total de vesículas disponibles en las terminales presinápticas.

2. *Sensibilización*

Los mecanismos de la sensibilización son similares a los de la habituación, pero de signo opuesto: producen *facilitación sináptica*. En la *sensibilización a corto plazo* se produce un aumento en la eficacia de la transmisión sináptica en el mismo lugar que la habituación, debido a un aumento en la liberación de neurotransmisor. El AMPc facilita la entrada de Ca^{2+} en la terminal presináptica que propicia, a su vez, una mayor liberación de neurotransmisor en la hendidura sináptica.

La *sensibilización a largo plazo* ocurre porque se produce una mayor eficacia de la transmisión sináptica debido, por una parte, a una mayor entrada de Ca^{2+} y sus consecuencias bioquímicas y, por otra, al aumento de la incidencia, tamaño y número de vesículas de las zonas activas de las neuronas sensoriales.

En la depresión sináptica que ocurre en la habituación, la presentación de un estímulo táctil en el sifón activa la vía nerviosa que va desde las neuronas sensoriales del sifón a las neuronas motoras de la branquia. Sin embargo, en la facilitación sináptica que ocurre en la sensibilización es distinta. En este caso la facilitación de la sinapsis sensorio-motora está mediada por interneuronas facilitadoras o moduladoras activadas por la repetición del estímulo (véase figura 2.11).

Hay diversos tipos de interneuronas moduladoras que juegan un papel en la sensibilización. Cada una actúa de forma similar, aumentando la liberación del neurotransmisor contenido en las vesículas de las neuronas sensoriales del sifón (glutamato), y cada una hace esto utilizando los mismos procesos bioquímicos. Las interneuronas más importantes usan serotonina (5-HT) como neurotransmisor, que actúa sobre la superficie de los receptores de las células diana.

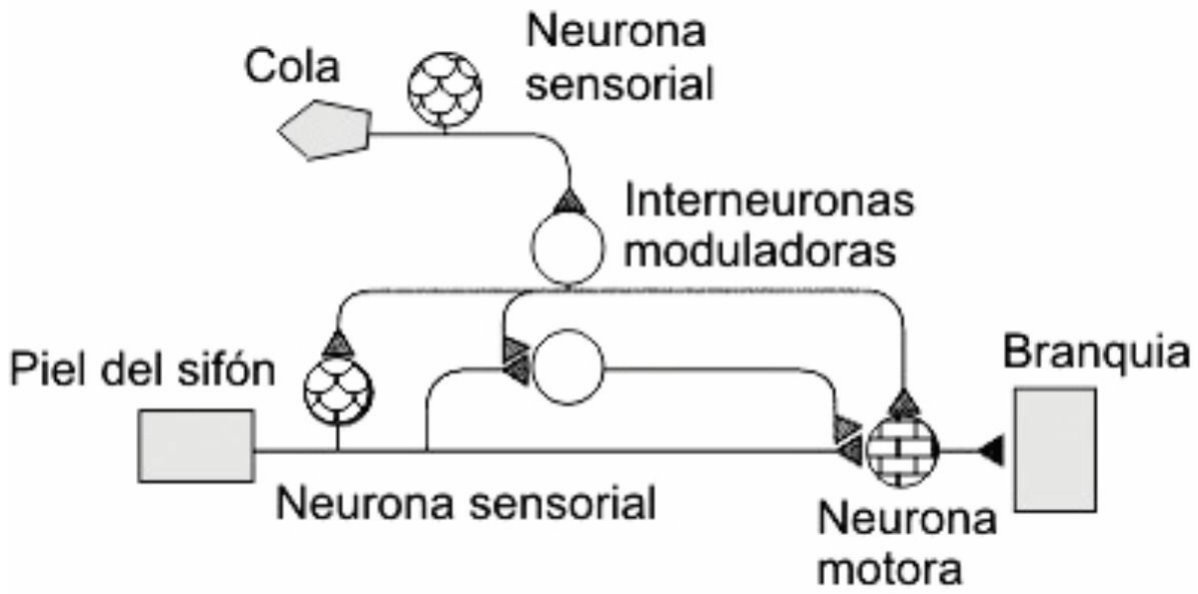


Figura 2.11. Circuito de la sensibilización del reflejo de retracción de la branquia. La aplicación de un estímulo aversivo en la cola de la Aplysia activa las neuronas sensoriales de la cola que excitan las interneuronas moduladoras. Éstas dirigen la señal a las neuronas sensoriales del sifón que a su vez sinaptan con las neuronas motoras de la branquia. La estimulación de las neuronas sensoriales produce una facilitación sináptica en las terminales sensorio-motoras. El aumento del vertido de neurotransmisor a la hendidura sináptica genera más PPSEs (Según Squirel y Kandel, 2000).

2.6. Teorías explicativas de la habituación y sensibilización

Existen varias teorías que tratan de explicar la habituación y sensibilización desde distintos puntos de vista: teorías E-R, teorías del comparador y teorías del procesamiento de la información. Las *teorías E-R* postulan que la habituación se debe a algún cambio producido en la vía que conecta el estímulo y la respuesta. Aquí se encuentran la teoría de los dos procesos de Groves y Thompson (1970) y la teoría del proceso oponente de Solomon y Corbitt (1974). También incluye aquí las explicaciones realizadas por Kandel sobre la habituación y sensibilización. Las *teorías del comparador* y del *procesamiento de la información* consideran que cuando se presenta un estímulo, éste se compara con los contenidos de la memoria y la respuesta que realiza el sujeto es el resultado de esa comparación. La teoría inicial fue propuesta por Sokolov y ha sido desarrollada posteriormente por Wagner desde la perspectiva del procesamiento de la información y de la teoría de la memoria. Como la teoría de Wagner ha sido propuesta para explicar tanto los procesos no asociativos como los asociativos, se tratará en capítulos posteriores.

2.6.1. La teoría de los dos procesos

Esta teoría está basada en estudios neurofisiológicos y fue propuesta por Groves y

Thompson (1970). Se ha utilizado para explicar los más diversos sistemas de respuesta, desde los cambios en la respuesta de sobresalto de la rata ante la presentación repetida de un estímulo auditivo hasta la respuesta de atención de una persona ante la presentación repetida de un estímulo visual. A pesar del tiempo transcurrido desde su formulación, todavía sigue siendo la teoría más importante para explicar los procesos de habituación y sensibilización.

Groves y Thompson estudiaron el curso del reflejo de flexión de una pata en "gatos espinales"o gatos descerebrados. La preparación experimental de los gatos espinales consiste en la sección transversal de la médula espinal por debajo del nivel torácico (T-12), quedando aislados los segmentos medulares de las patas traseras. De esta forma se impide la llegada de señales descendentes que pueden alcanzar la región espinal que controla las patas traseras. El procedimiento experimental consiste en dar una descarga eléctrica en la superficie de una pata trasera cada 10 segundos y luego medir el reflejo de flexión.

La teoría de los dos procesos explica el curso de los cambios de la respuesta ante la presentación repetida de un estímulo mediante dos *procesos neurales* inferidos que denomina *habituación* y *sensibilización*. El proceso de habituación produce una disminución de la tendencia a responder y el de sensibilización un aumento.

La teoría asume que los procesos de habituación y sensibilización tienen lugar en diferentes partes del sistema nervioso. El proceso de habituación ocurre en la vía sensorio-motora *estímulo-respuesta* (E-R). Es una vía que va desde los órganos sensoriales que han sido estimulados hasta los músculos implicados en la ejecución de la respuesta específica. Por su parte, el proceso de sensibilización ocurre en el *sistema de estado* que corresponde a la parte del sistema nervioso que controla la disposición general del organismo a responder, el estado de excitación o el nivel de arousal. El sistema de estado puede ser alterado por determinadas experiencias emocionales (miedo, ira, etc.), por estímulos de intensidad alta (ruido fuerte), por la ingestión de drogas psicoactivas (estimulantes, depresores, etc.) o por sueño, lo que podría afectar, en estos casos, a la tendencia general del organismo a responder.

Así, cada vez que se presenta un estímulo, produce dos efectos de forma simultánea: por una parte suscita una respuesta a través de la vía sensorio-motora (*sistema E-R*) y, por otra, influye en el nivel de activación general del organismo (*sistema de estado*). Cuando se presenta un estímulo efectivo de forma repetida se produce un proceso decremental en la vía E-R que se corresponde con el componente de la habituación, y a la vez un proceso incremental que se corresponde con el componente de la sensibilización. Aunque los dos procesos son independientes, interactúan en alguna parte del sistema nervioso, siendo la respuesta observable el resultado neto de la fuerza de los dos procesos (véase figura 2.12). El aumento o disminución de la respuesta observable dependerá de la fuerza de cada proceso subyacente en una situación particular. Por ejemplo, si el estímulo que se presenta es débil y ocurre a intervalos entre ensayos corto, predominará el proceso de habituación y se observará una disminución progresiva de la fuerza de la respuesta. Por el contrario, si el estímulo que se presenta

tiene una intensidad alta y ocurre a intervalos entre ensayos largos, predominará el proceso de sensibilización y se observará un aumento progresivo de la fuerza de la respuesta.

Figura 2.12. Esquema del funcionamiento de los dos procesos implicados en la determinación de la respuesta según la teoría de Groves y Thompson (1970).

Los resultados experimentales del trabajo de Davis (1974) comentados anteriormente pueden servir para ilustrar cómo funciona la teoría de los dos procesos. La presentación de un mismo estímulo provocaba dos efectos distintos según los grupos: habituación en el grupo A y sensibilización en el grupo B. Estas diferencias se atribuyen a las distintas intensidades de ruido de fondo que tenían los grupos. ¿Y cómo se explica? El ruido de fondo alto activaba más el *sistema de estado* que el ruido de fondo bajo lo que aumentaba la disposición del animal para responder y suscitaba la respuesta de sensibilización.

Se considera que ambos sistemas (*E-R* y de *estado*) ocurren y se desarrollan independientemente uno del otro, pero interactúan para producir la respuesta final de salida. La teoría ha puesto su atención en el entendimiento de los mecanismos fisiológicos implicados en estas especializaciones funcionales.

2.6.2. Teoría del proceso oponente

La teoría del proceso oponente fue propuesta por Solomon y Corbit (1974) para tratar de explicar los cambios que se producen en la respuesta debido a la experiencia repetida con

un estímulo. También se ha aplicado para explicar un amplio número de conductas motivadas, como la adicción a las drogas, la alimentación, el cortejo, la conducta sexual, etc.

La idea base de la que parte la teoría es que cuando se presenta cualquier estímulo se suscita una reacción emocional en el organismo relacionada con las características sensoriales y afectivas del estímulo (por ejemplo, alegría, tristeza, etc.). Además, esta reacción emocional tiene un patrón temporal común para todos los estímulos que se denomina *patrón estándar de la dinámica afectiva* y consta de dos fases. Mientras se mantiene el estímulo, la reacción emocional es de un determinado signo (por ejemplo, alegría) y, cuando se retira, es de signo contrario (por ejemplo, tristeza). Imaginemos la siguiente situación. Si un día sales de fiesta y bebes unas copas de alcohol, te irás sintiendo cada vez más desinhibido, alegre y relajado. Si sigues bebiendo, estos efectos irán aumentando cada vez más. Por el contrario, al día siguiente tendrás resaca que será más intensa cuanto mayor haya sido el consumo de alcohol.

Como se aprecia en la figura 2.13, la presentación del estímulo suscita una reacción emocional inmediata e intensa que alcanza su nivel máximo (pico de reacción afectiva primaria) para luego decaer lentamente (fase de adaptación) hasta que se estabiliza (nivel estable). Cuando se retira el estímulo, la reacción emocional cambia súbitamente de signo (pico de la post-reacción afectiva) y luego disminuye lentamente (disminución de la post-reacción) hasta que el estado emocional alcanza la línea base original.

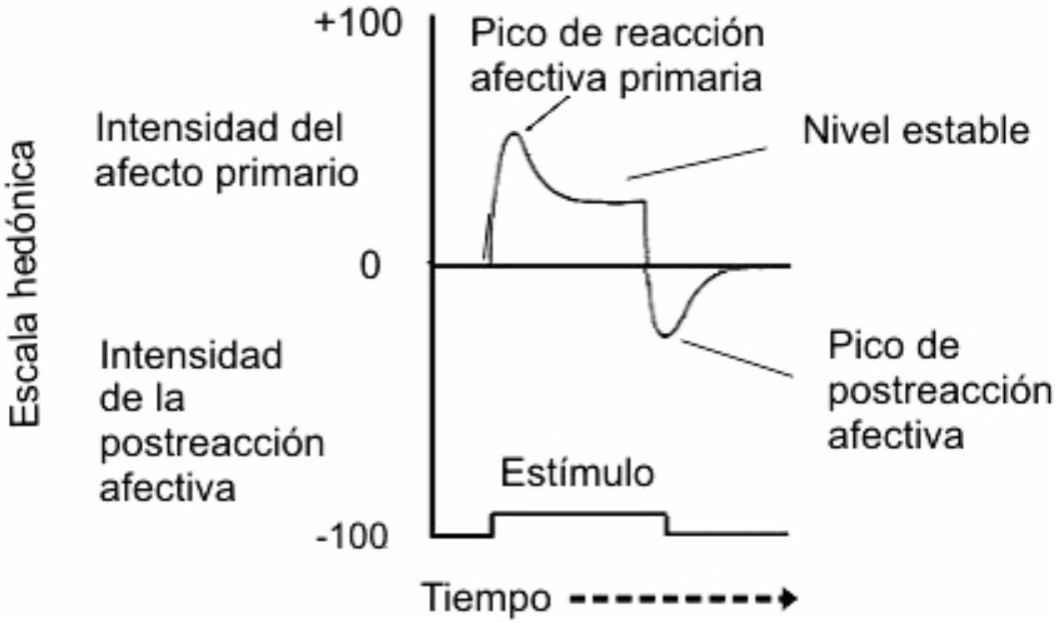


Figura 2.13. Patrón estándar de la dinámica afectiva según la teoría del Proceso Oponente (Según Solomon y Corbit, 1974).

Un ejemplo ilustrativo de este comportamiento lo encontramos en el experimento

realizado por Church, Lolordo, Overmier, Solomon y Turner (1966). Estos investigadores utilizaron perros como sujetos experimentales a los que se les aplicó una serie de descargas eléctricas en las patas (8 mA de intensidad), y se registró la frecuencia cardiaca como medida objetiva de la reacción emocional. La frecuencia cardiaca de los perros en reposo era de 120 pulsaciones por minuto. Cuando se les presentó la descarga, la frecuencia ascendió a 200 pulsaciones y luego fue descendiendo paulatinamente hasta estabilizarse. Al retirar la descarga, las pulsaciones descendieron a 90 por minuto y, después de medio minuto, volvieron a los valores normales de 120 pulsaciones.

Para explicar el patrón estándar de la dinámica afectiva, Solomon y Corbit consideran que intervienen simultáneamente dos procesos internos: el *proceso "a"* y el *proceso"b"*. Ambos procesos tienen cualidades afectivas contrarias. Al presentar un estímulo emocional se activa el *proceso "a"* o *proceso primario* que provoca la respuesta inicial (por ejemplo, alegría) y se mantiene en su nivel máximo mientras el estímulo está presente. A su vez, este proceso primario activa al proceso "b", o *proceso oponente*, que provoca la reacción emocional contraria (por ejemplo, tristeza) que se opone a la fuerza afectiva del proceso "a". Este proceso oponente se caracteriza por su lentitud. Es un proceso lento en aparecer tras la presentación del estímulo, lento en alcanzar su máxima amplitud y lento en decaer tras la terminación del estímulo y la acción del proceso "a". A la vez es un proceso que aparece más rápido y se hace más potente con la experiencia repetida del estímulo. La teoría del proceso oponente asume que el patrón de respuesta emocional observable es el resultado neto de la acción de estos dos procesos internos contrarios. La acción del proceso "b", u oponente, contrarresta la acción del proceso "a".

La exposición inicial del estímulo hace que se active el proceso "a" que suscita la respuesta emocional inicial. Una vez que la respuesta ha alcanzado la máxima intensidad, entonces se pone en marcha el proceso "b" que suscita una reacción emocional contraria y es la responsable del pequeño descenso de la respuesta observable hasta que se estabiliza (véase figura 2.14). La retirada del estímulo hace que la respuesta alcance el pico de post-reacción porque la acción del proceso "a" se disipa y la del proceso "b" se mantiene durante más tiempo. De esta forma se manifiesta por primera vez la reacción emocional producida por el proceso "b" (post-reacción afectiva), que es la opuesta a la observada mientras se mantenía el estímulo. Una vez que la acción del proceso "b" no tiene nada a qué oponerse, desaparece lentamente.

¿Qué ocurre cuando se presenta un estímulo de forma repetida? La respuesta es que la reacción emocional cambia con la experiencia. Cuando se presenta un estímulo de forma repetida la reacción emocional va disminuyendo progresivamente en intensidad (hay una habituación de la respuesta), a la vez que la post-reacción se hace más fuerte y duradera. La teoría sostiene que el proceso "a" no se altera con la presentación repetida del estímulo y, en cambio, el proceso "b" es cada vez más fuerte. La disminución progresiva de la respuesta emocional se debería, entonces, a que el post-efecto se va fortaleciendo por la estimulación repetida. Si una persona que no tiene hábito de beber toma unas cervezas, el efecto desinhibidor del alcohol será mucho mayor que en un

bebedor habitual y a la vez, el post-efecto resultará mucho menor. La ingestión repetida del alcohol hará que el sujeto se habitúe o aumente la tolerancia al alcohol. Esto significa que el efecto específico del alcohol será cada vez menor debido a la acción del post-efecto que se opone. El sujeto necesitará consumir cada vez más cantidad de droga para conseguir los efectos placenteros que ésta proporciona y, a la vez, las resacas o los "monos" serán cada vez mayores. Cuando la habituación a las drogas es grande, la persona posiblemente se drogue no tanto para conseguir un estado placentero efímero, sino para evitar o escapar del temible "mono".

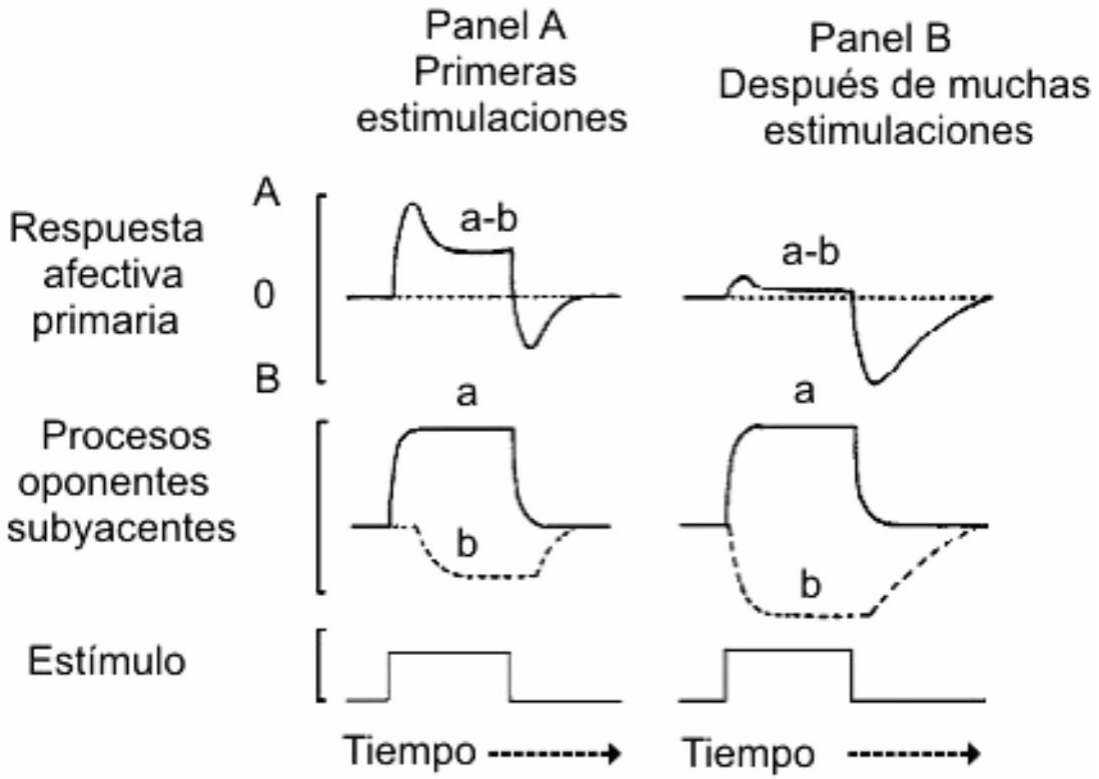


Figura 2.14. Procesos subyacentes que dan lugar al patrón estándar de la dinámica afectiva según la teoría del Proceso Oponente. El panel A representa el patrón predicho en las primeras presentaciones del estímulo y en el panel B el patrón tras varias presentaciones del estímulo (Según Solomon y Corbit, 1974).

Así pues, ésta es una teoría homeostática ya que considera que actúan dos fuerzas opuestas. Cuando se produce una perturbación emocional en un sentido, los mecanismos fisiológicos implicados en la reacción emocional hacen que se active el proceso oponente para contrarrestar la fuerza inicial y con ello mantener la estabilidad emocional del sistema.

Esta teoría se ha aplicado para explicar y predecir los cambios emocionales en distintos ámbitos, desde la conducta sexual a la adicción a las drogas, por lo que se la considera de gran aplicabilidad y valor ecológico.

2.6.3. Teoría del comparador del estímulo

La teoría fue formulada por Sokolov (1966) y se sirve de la percepción y la memoria para explicar el funcionamiento de la habituación y la sensibilización. Está basada en sus estudios del reflejo de orientación (RO) en humanos. El RO ocurre cuando un organismo orienta su cuerpo y dirige su atención hacia una fuente estimular. Por ejemplo, si vamos a cruzar una calle y escuchamos la bocina de un coche a nuestra izquierda, giramos la cabeza y orientamos el cuerpo hacia el lugar donde procede el estímulo novedoso. El RO también tiene componentes fisiológicos, tanto somáticos como vegetativos (electroencefalográficos, cardiovasculares, electrodérmicos, etc.). El índice más frecuentemente utilizado para estudiar el RO es la actividad electrodérmica porque se considera el componente más completo de dicha respuesta.

El RO es un sistema funcional que se activa ante la presentación de un estímulo nuevo y es independiente de la intensidad del estímulo y de la modalidad sensorial del mismo. Su función es optimizar el procesamiento sensorial. Si el estímulo nuevo se presenta de forma repetida, se debilita paulatinamente (habituación), y si durante este proceso de habituación se presenta un estímulo nuevo, se recupera la respuesta (deshabituación). Así pues, el RO implica una activación momentánea del organismo que permite analizar mejor el estímulo y suscitar una respuesta adecuada.

La teoría del comparador de Sokolov se apoya en la idea de que la corteza cerebral humana produce un "modelo neuronal del estímulo" cuya función es distinguir los estímulos nuevos de los familiares, los inesperados de los esperados. Este modelo neuronal corresponde a un cierto sistema celular donde se registra y se almacena información relacionada con las propiedades de cada estímulo externo que se presenta (Sokolov, 1975). En este modelo neuronal también interviene la Formación Reticular (FR) cuya función sería la de amplificar el sistema de discriminación de la corteza. Cuando se presenta un estímulo de forma repetida se activa el modelo neuronal y a la vez se desarrolla un sistema inhibitorio cortical que bloquea los impulsos que llegan a la FR produciendo una disminución del nivel de respuesta del organismo (habituación).

La teoría supone que este modelo neuronal es un proceso activo de comparación. Los estímulos que percibe el organismo pasan por este "comparador" que comprueba si ya han sucedido antes y si están representados en la memoria o no. Si el estímulo ya ha sucedido antes y está representado en el modelo neuronal, se ignora y no se responde ante él, y si el estímulo es nuevo o inesperado, sí se procesa y se suscita la respuesta (RO). Desde este punto de vista, la habituación ocurre porque los sucesos que ya están activos en la memoria son ignorados. La primera vez que se presenta el estímulo la respuesta es intensa porque el estímulo resulta novedoso o relevante. A medida que se repite el estímulo, éste se va haciendo más familiar y el organismo deja de prestarle atención. Por eso la respuesta va decreciendo de forma progresiva hasta que se habitúa.

Como se puede apreciar, este modelo tiene en cuenta los efectos específicos sensorio-motores y el nivel de activación, como sugería el modelo de Groves y Tompson visto antes. Sin embargo, el modelo de Sokolov es un modelo de percepción y de

memoria que proporciona una explicación simple y atrayente del funcionamiento de la habiuación. Hay que resaltar la importancia que ha tenido este modelo como base para la elaboración de otros modelos más modernos, como el modelo de Wagner. Este modelo se verá más adelante cuando se expliquen las teorías de condicionamiento clásico.

A modo de conclusión, podemos decir que existe una gran complejidad teórica sobre el aprendizaje no asociativo. Es fácil apreciar que unas teorías son continuación de otras o tienen influencias claras, siendo las diferencias mínimas en los contenidos sustanciales, pero máximas en las formas externas de presentarlas.

2.7. Resumen

El aprendizaje no asociativo se refiere al cambio que se produce en la capacidad de reacción de un organismo como consecuencia de la experiencia con un estímulo. Si fruto de esa experiencia se produce una disminución progresiva de la intensidad de la respuesta, se denomina *habituación*, y si se produce un aumento, *sensibilización*.

Este tipo de aprendizaje es la forma *más simple y más común* de modificación de la conducta ante las variaciones producidas en el ambiente.

La habituación tiene una serie de características: es específica para el estímulo habituado, se generaliza a estímulos similares al estímulo habituador, hay una recuperación espontánea de la respuesta habituada por el simple paso del tiempo, se produce deshabituación por la simple presentación de un estímulo nuevo durante el proceso de habituación, etc. La habituación de la respuesta se produce mejor con estímulos débiles e intervalos entre ensayos cortos.

La sensibilización incremental se desencadena ante estímulos intensos. El pseudocondicionamiento es una sensibilización indirecta. Cuando el sujeto ha recibido un estímulo intenso, cualquier estímulo neutro que se presente a continuación va a suscitar una respuesta similar, a pesar de que no tenga ninguna relación con el estímulo intenso. Hay habituación y sensibilización a corto y largo plazo.

Los estudios realizados con la *Aplysia californica* han permitido averiguar los procesos biológicos implicados en los procesos no asociativos. En la habituación se produce una depresión sináptica y en la sensibilización una facilitación sináptica.

La teoría de los *dos procesos* trata de explicar la habituación y sensibilización. Está basada en la idea de que hay dos procesos que intervienen cuando se presenta un estímulo de forma repetida (un sistema E-R y un sistema de estado). Los dos procesos intervienen a la vez y son responsables de la respuesta final observable.

La teoría del *proceso oponente* considera que intervienen a la vez dos procesos internos, un proceso primario que provoca la respuesta inicial y un proceso oponente que provoca la respuesta emocional contraria. El proceso oponente se caracteriza porque cuando se presenta el estímulo de forma repetida se hace cada vez más fuerte y duradero.

La teoría del *comparador del estímulo* utiliza la percepción y la memoria para

explicar el aprendizaje no asociativo. Cuando se presenta un estímulo, el sistema compara de forma activa las características del estímulo con la información almacenada en la memoria. Si el estímulo es familiar e inocuo, el sujeto deja de responder. Por el contrario, si se trata de un estímulo intenso o inesperado, la respuesta del sujeto aumenta.

3
Condicionamiento clásico

3.1. Introducción

Como hemos visto en el capítulo anterior, en el medio natural hay sucesos que ocurren de forma aislada y repetitiva. En estas ocasiones los organismos varían su conducta como adaptación a las contingencias del ambiente. Pero este *aprendizaje no asociativo* tiene algunos límites: no permite establecer relaciones entre los sucesos del ambiente ni aprender respuestas nuevas.

Con mucha frecuencia los sucesos del ambiente no ocurren de forma aislada y repetitiva, sino que aparecen relacionados unos con otros. Existe otro tipo de aprendizaje, denominado *aprendizaje asociativo*, en el que los organismos relacionan sucesos del ambiente o su conducta con las consecuencias de la misma. Estas asociaciones les permiten adaptarse mejor a las condiciones cambiantes del medio y a realizar respuestas nuevas ante situaciones nuevas. ¿Cómo lo hacen? Mediante la adquisición de expectativas o modificando la conducta en función de sus consecuencias. Por ejemplo, un animal puede relacionar el sabor de la comida con malestar gástrico. Una vez establecida esta relación, cuando vuelva a probar una comida con ese mismo sabor, esperará que se repita el malestar gástrico. Por ello, el animal evitará ingerir esa comida potencialmente nociva. De la misma forma, cuando un perro levanta la pata y es recompensado con una golosina, el perro repetirá la conducta de levantar la pata una y otra vez para recibir el premio. En el caso de los humanos podemos encontrar muchos otros ejemplos. Observamos que cuando hay una tormenta luego se produce la lluvia. Nosotros hemos aprendido a asociar estos dos sucesos (tormenta → lluvia) y a actuar en consecuencia. De la misma forma, hemos aprendido a callarnos cuando entra el profesor en clase para poder escuchar la lección (conducta de callarse → escuchar la lección del profesor).

Así pues, el aprendizaje asociativo ocurre cuando se produce un cambio en la conducta debido al emparejamiento de dos sucesos o de la conducta del sujeto con las consecuencias de la misma.

El aprendizaje asociativo simple es lo que comúnmente se conoce como *condicionamiento* y puede ser de *dos tipos*: *condicionamiento clásico* (CC) o condicionamiento pavloviano, en el que los organismos relacionan sucesos del ambiente, y *condicionamiento instrumental* (CI) o condicionamiento operante, en el que los

organismos relacionan la conducta con sus consecuencias.

El término *condicionamiento* se refiere también al aprendizaje que ocurre en los paradigmas experimentales diseñados para estudiar las leyes de la formación de asociaciones. En estos paradigmas el experimentador programa la experiencia del animal y éste tiene que conseguir un determinado resultado (por ejemplo, comida), o bien evitarlo (por ejemplo, descarga eléctrica).

En las aproximaciones asociativas del aprendizaje los términos *condicionamiento* y *aprendizaje* son sinónimos porque los paradigmas de condicionamiento son aquellos que el investigador utiliza para determinar las leyes del aprendizaje. En adelante, ambos términos los usaremos indistintamente.

Figura 3.1. Esquema de los distintos tipos de aprendizaje asociativo simple (condicionamiento clásico e instrumental).

3.2. Concepto de condicionamiento clásico

El condicionamiento clásico es un tipo de aprendizaje asociativo en el que los animales relacionan dos o más sucesos (estímulos, hechos, etc.) y, basados en esta relación, llegan a predecir la ocurrencia de uno de ellos y a dar respuestas nuevas. Los animales son capaces de relacionar dos sucesos, sobre todo cuando uno de ellos tiene una importancia biológica grande. Por ejemplo, un animal puede aprender a relacionar el sabor de una determinada comida basado en sus consecuencias gástricas. Si el sabor de la comida se relaciona con malestar gástrico, evitará ingerir esta comida la próxima vez porque espera que va a enfermar. Por el contrario, si el sabor de la comida se relaciona con bienestar gástrico, volverá a ingerirla porque predice que le sentará bien. Esto tiene una ventaja adaptativa grande para el animal: aprende a comer sólo aquella comida que tenga efectos beneficiosos.

Los animales cambian la conducta de una forma específica basados en la asociación

que se establece entre las representaciones de los dos sucesos ambientales. Esta asociación va a resultar ventajosa para los organismos ya que les permite detectar por anticipado determinados sucesos relevantes para su supervivencia y a prepararse para recibirlos. Es una solución a las demandas del medio ambiente cambiante que requiere anticipar determinadas conductas ante ciertos estímulos.

Se trata de un tipo de aprendizaje más complejo que el aprendizaje no asociativo. Afecta tanto a las respuestas automáticas como a las voluntarias y se halla influido por muchas variables, como veremos más adelante. Mucho del comportamiento emocional humano se adquiere mediante este procedimiento. Algunos estímulos adquieren la capacidad de suscitar respuestas emocionales positivas o negativas.

Este tipo de aprendizaje fue descubierto y estudiado originalmente por Pavlov desde la perspectiva experimental (Pavlov, 1927). Él estaba ocupado en el estudio de la digestión de los perros y se interesó por la psicología a raíz de una serie de observaciones que llamaron su atención. Había comprobado que la salivación y otras secreciones gástricas se producían de forma automática al contactar la comida con las papilas gustativas de la boca. Sin embargo, tras una serie de ensayos con este procedimiento ocurría que los perros salivaban cuando veían aparecer la comida, antes de que la comida estuviera en su boca. A estas nuevas respuestas las denominó "*secreciones psíquicas*" porque la salivación no dependía de ninguna causa fisiológica. La producción de saliva suscitada por la comida era atribuible a un reflejo natural o reflejo incondicionado, pero, ¿cómo explicar la nueva respuesta aprendida de salivar ante la sola presencia de la comida? Estos hechos anecdóticos le dieron la idea de estudiar de forma sistemática las secreciones psíquicas en los perros. Para ello utilizó el *procedimiento experimental del condicionamiento* que consistía en lo siguiente: colocaba al perro sujeto con un arnés en una habitación aislada del laboratorio y le privaba de comida para aumentar su motivación (véase figura 3.2). Realizaba una fístula para acceder a las glándulas salivares y así poder recoger la saliva segregada. Primero le daba comida al perro hambriento y medía la cantidad de saliva segregada. Comprobó que la respuesta de salivación se producía de una forma incondicional y automática. A continuación presentaba de forma repetida el sonido de una campana seguido de la comida y luego medía la cantidad de saliva producida. Observó que en el primer ensayo sólo se suscitaba la salivación ante la presencia de la comida, pero en los siguientes ensayos se producía también la salivación ante la presencia del sonido y era más abundante a medida que se repetían los ensayos. A este fenómeno lo denominó *reflejo condicional* y a la nueva respuesta aprendida, *respuesta condicional*. El uso del término condicional obedece a que tanto el reflejo condicional como la respuesta condicional dependen de una condición anterior: en este caso, que el sonido se ha presentado seguido de la comida de forma repetida. Hoy los términos incondicional y condicional no se usan y se prefieren los términos *incondicionado/a* y *condicionado/a*.

Pavlov descubrió muchos de los fenómenos básicos del condicionamiento como la adquisición de una nueva respuesta, la extinción, la recuperación espontánea, el condicionamiento de orden superior, la generalización, etc. Intentó explicar estos

fenómenos del condicionamiento basándose en el funcionamiento del sistema nervioso. Proponía que en el reflejo condicionado intervienen los procesos cerebrales de la excitación y la inhibición. Así, la *adquisición* de la respuesta condicionada la atribuía al establecimiento de una nueva conexión nerviosa entre dos áreas sensoriales cerebrales. La *extinción* la explicaba diciendo que se producía una inhibición nerviosa en las conexiones establecidas y la *generalización* que era el resultado de la irradiación de la excitación nerviosa de un área sensorial hacia áreas sensoriales vecinas. Más adelante se explicarán estos términos desde la posición actual.

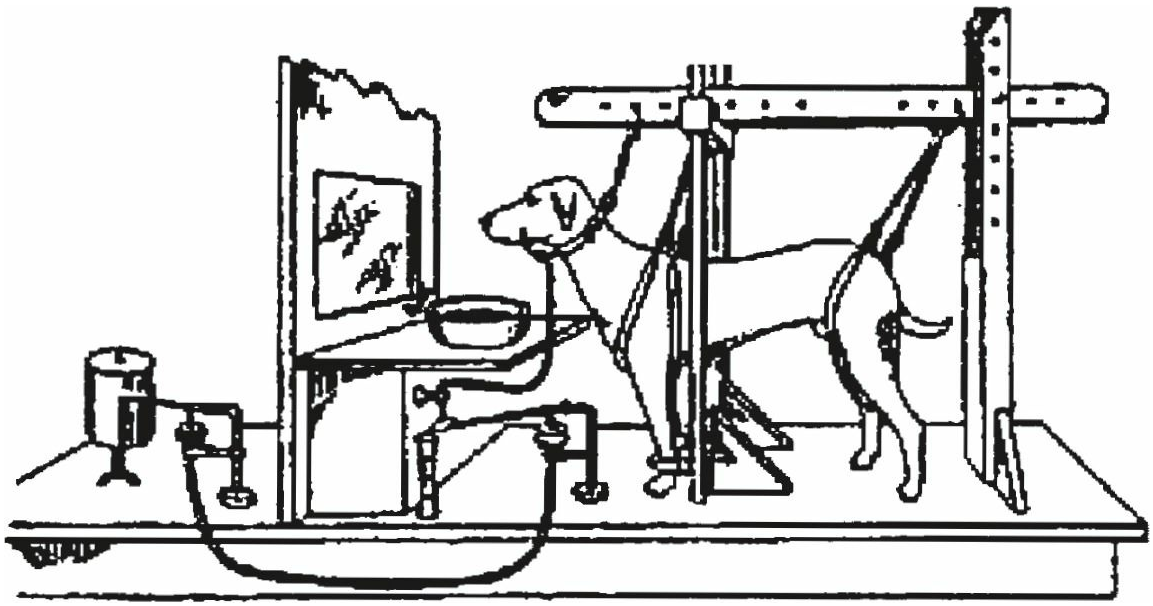


Figura 3.2. Procedimiento experimental del condicionamiento salivar utilizado por Pavlov. El perro era sujetado con un arnés y una cánula conducía la saliva segregada desde el conducto salivar hasta el dispositivo de registro de datos (Según Yerkes y Morgulis, 1909).

3.3. Elementos del condicionamiento clásico

Desde el punto de vista del procedimiento experimental, el CC consiste en la presentación repetida de dos estímulos en contigüidad temporal. Fruto de esta relación, el organismo aprende a suscitar una respuesta nueva ante el primer estímulo, respuesta que antes sólo era suscitada por el segundo estímulo.

El paradigma del CC consta de cuatro elementos: estímulo incondicionado, respuesta incondicionada, estímulo condicionado y respuesta condicionada.

- *Estímulo incondicionado* (EI): es un estímulo biológicamente relevante o intenso que provoca una reacción refleja en el organismo sin ningún entrenamiento previo especial o de forma incondicionada. Como se trata de un estímulo importante para el organismo, resulta ventajoso poder

predecirlo. Por ejemplo, para un animal resulta ventajoso poder predecir un lugar de pasto, una comida venenosa o la presencia de un predador y, basado en ello, poder preparar una respuesta adecuada. A nivel experimental se suelen utilizar como EIs la comida, el agua, un ruido fuerte, una descarga eléctrica, etc.

- *Respuesta incondicionada* (RI): es una respuesta provocada por la presentación de un EI que no depende de ninguna condición para suscitarse; la sola presencia del EI lo hace de forma automática. A nivel experimental se suelen estudiar la respuesta de salivación, la respuesta de picoteo, la respuesta de presión de una palanca, la respuesta de parpadeo, etc.

- *Estímulo condicionado* (EC): es un estímulo arbitrario que en un principio resulta indiferente o neutro para el organismo ya que no suscita ninguna respuesta nueva, ni ninguna respuesta similar a la RI. La primera vez que se presenta el *estímulo neutro* (EN) provoca una respuesta de orientación. Esta respuesta se describe como la reacción de dirigir el cuerpo hacia la fuente estimular y se caracteriza por su rápida habituación y por ser un fenómeno de atención involuntaria. Sin embargo, tras presentarse repetidamente el EN seguido de un EI adquiere la capacidad de predecir este suceso importante para el organismo (bien su inmediata aparición, bien su ausencia) y de suscitar una respuesta similar a la provocada por el EI. Cuando el EN adquiere la capacidad de señalar la presencia de un EI se le denomina *estímulo condicionado* o *EC*. En ese momento el EC es una señal. La efectividad del EC como señalizador depende de una condición: haberse presentado previamente emparejado con el EI. Así pues, ante una determinada experiencia, un estímulo que denominamos EC llega a suscitar una respuesta que no es característica de ese estímulo, sino de otro que le sigue.

- *Respuesta condicionada* (RC): es una respuesta aprendida o nueva suscitada por la presentación del EC. Es una respuesta similar a la RI.

Por ejemplo, en el condicionamiento salivar de Pavlov se presentaba a unos perros el sonido de la campana seguido de la comida (campana → comida), y fruto de esa relación los animales llegaban a salivar ante el *sonido de la campana* (EC o señal, clave) porque previamente la campana había sido presentada seguida de la *comida* (EI o resultado) (véase figura 3.3). Es decir, el *sonido de la campana* adquiría el control sobre la salivación del perro, una respuesta que previamente era suscitada sólo por la presentación de la comida. Como la respuesta de salivación provocada por el sonido de la campana depende del emparejamiento con la comida, el *sonido de la campana* se denomina estímulo condicionado (EC) y la *salivación* producida por la presentación de

la campana, respuesta condicionada (RC). A su vez, la *comida* que suscita la salivación de forma incondicionada se denomina estímulo incondicionado (EI).

3.4. Metodología experimental para estudiar el condicionamiento clásico

Los investigadores estudian el CC en el laboratorio y utilizan procedimientos experimentales comunes con el objeto de poder comparar los resultados obtenidos con los de otros colegas. Los pioneros en el estudio del condicionamiento fueron Pavlov, que estudió el condicionamiento salivar, y Bechterev, que estudió el reflejo de retracción de la pata. Ambos autores utilizaron perros como sujetos experimentales.

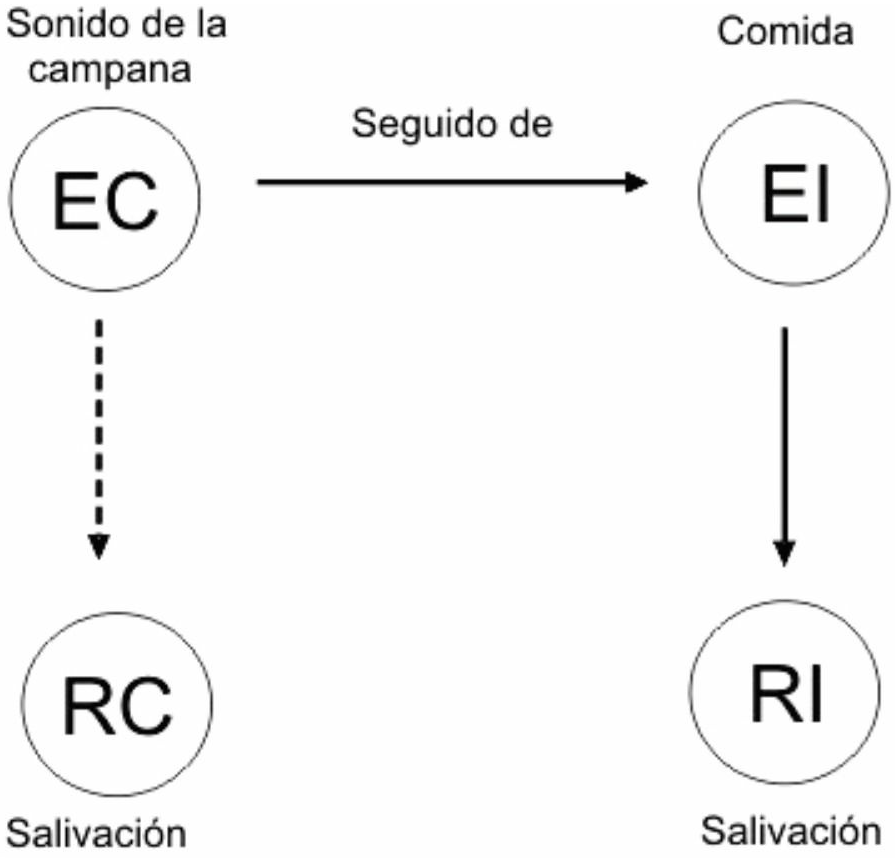


Figura 3.3. Elementos del condicionamiento clásico utilizando la preparación del condicionamiento salivar de Pavlov. EI: estímulo incondicionado (comida); EC: estímulo condicionado (sonido de la campana); RI: respuesta incondicionada (salivación); RC: respuesta condicionada (salivación).

En la actualidad se estudia el condicionamiento clásico utilizando distintas preparaciones experimentales con animales diversos y en distintos sistemas de respuesta. A continuación vamos a ver las más frecuentemente utilizadas.

En un experimento típico de condicionamiento clásico hay que fijar el *intervalo*

entre estímulos o intervalo EC-EI (IEEs) y el *intervalo entre ensayos* (IEEn). En una *sesión experimental* la secuencia EC-EI se repite una serie de veces. Cada una de las presentaciones de la secuencia EC-EI corresponde a un *ensayo* y el intervalo de tiempo que transcurre entre un ensayo y otro se denomina *intervalo entre ensayos*. El número total de ensayos corresponde a una *sesión experimental*. Para conseguir un buen condicionamiento es necesario que el intervalo entre ensayos sea siempre más largo que el intervalo entre estímulos.

3.4.1. Condicionamiento de parpadeo

Los estudios de parpadeo en animales utilizan normalmente conejos domésticos como sujetos experimentales porque tienen unas características ideales: no parpadean si no hay un estímulo expreso que lo provoque y toleran bien la inmovilización. Además, la RC se observa de forma directa, es fácil de producir y de medir. La metodología experimental del condicionamiento de parpadeo fue desarrollada por Gormezano y colaboradores (Gormezano, Schneiderman, Deaux y Fuentes, 1962) y está siendo utilizada para estudiar tanto los fenómenos de condicionamiento clásico como las bases neurobiológicas de este tipo de aprendizaje. El procedimiento consiste en inmovilizar al animal en un aparato experimental abierto (véase figura 3.4) y presentar un estímulo auditivo (600-2400 Hz, 90 dB) o visual (EC), seguido de otro estímulo aversivo (EI) que inicialmente suscita el parpadeo. El estímulo aversivo utilizado suele ser un soplo de aire breve e intenso (100 m, 3 kg/cm^2) aplicado sobre la córnea del ojo por medio de un tubo o una descarga eléctrica (de intensidad variable, menos de 1 mA, 1-3 x Umbral, 100 ms de duración) que se aplica debajo del ojo. El intervalo entre estímulos suele ser de 250-750 m. En un experimento típico de parpadeo se presenta el EC (500 ms de duración), seguido inmediatamente del EI. Al principio de la sesión experimental, la presentación del EI suscita la respuesta de parpadeo. A medida que se suceden los emparejamientos, la respuesta de parpadeo se produce también al presentar el EC. El condicionamiento se logra después de muchos ensayos (en torno a cien). Una sesión de entrenamiento consta de 60 a 120 ensayos, dependiendo de la especie animal utilizada, separados en bloques de 10 ensayos. La magnitud del condicionamiento se mide por el *porcentaje de ensayos* en los que aparece la RC de parpadeo. Cuando la RC aparece en el 90% de los ensayos se considera que se ha logrado un condicionamiento muy alto.

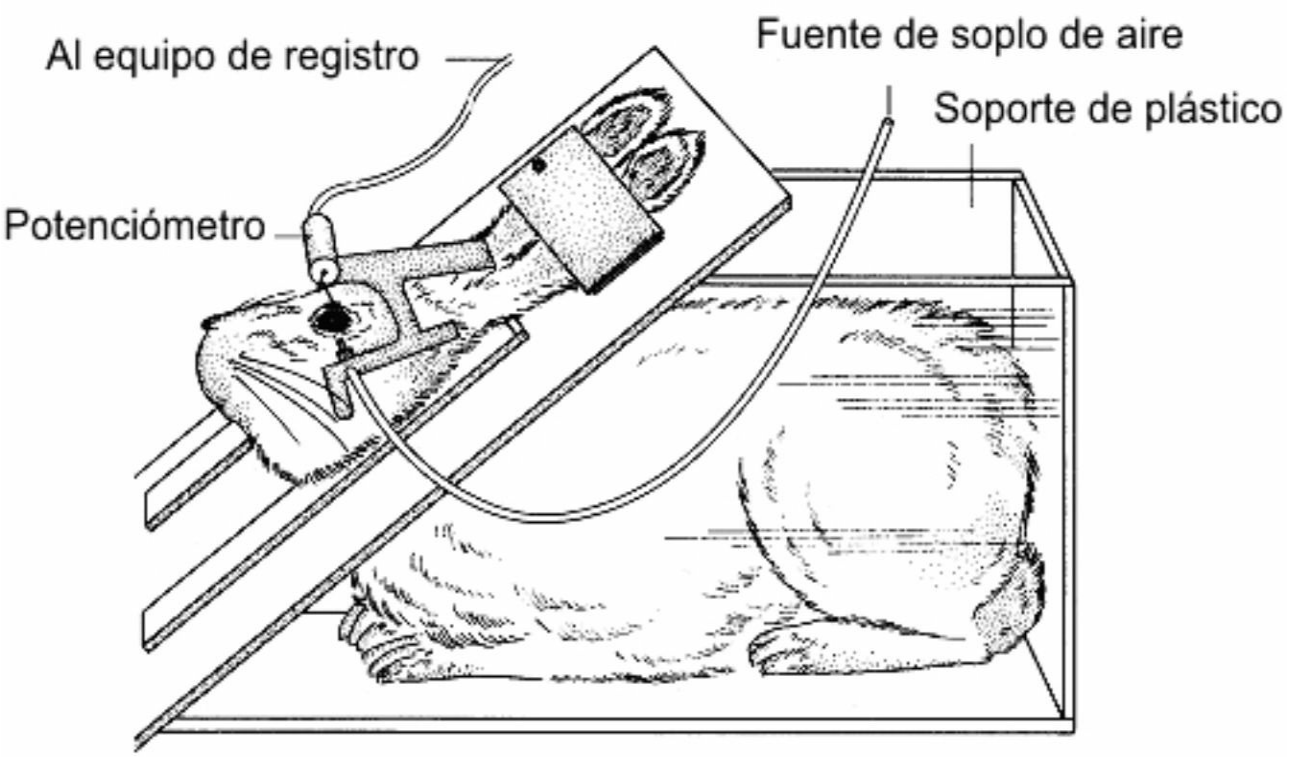


Figura 3.4. Esquema del procedimiento experimental del condicionamiento de parpadeo en conejos. Inmovilización del conejo en una caja experimental abierta por arriba. EC: tono o luz. EI: soplo de aire en el ojo o leve descarga en el párpado inferior. RI: parpadeo. RC: parpadeo.

3.4.2. Condicionamiento de miedo

El condicionamiento de miedo es un procedimiento mediante el cual los animales aprenden a tener miedo a un estímulo que antes no tenían. Normalmente se empareja un estímulo anodino del ambiente (por ejemplo, tono, luz, olor, sabor) con un estímulo aversivo (por ejemplo, ruido fuerte, descarga eléctrica, etc.), y fruto de esta asociación se produce un condicionamiento de miedo. A partir de entonces, el estímulo anodino sería el EC y el estímulo aversivo el EI. El condicionamiento de miedo se utiliza tanto para estudiar los fenómenos de condicionamiento como para investigar las bases neurobiológicas del condicionamiento o algunas patologías como las fobias, el estrés postraumático, trastornos de ansiedad, etc.

Desde el inicio el conductismo se asumió que la adquisición de miedos y fobias tiene una base en el CC. Uno de los estudios pioneros sobre el condicionamiento emocional de miedo fue realizado por Watson y Rayner (1920). Estos autores condicionaron al niño Albert, de 9 meses de edad, a tener miedo a las ratas. En primer lugar, observaron que Albert jugaba con una rata blanca y no mostraba miedo ante ella. También comprobaron que cuando se golpeaba una barra de hierro vertical colgada del techo a espaldas del niño que producía un ruido fuerte, el niño se asustaba y lloraba (RI). Una vez comprobado esto, emparejaron una serie de veces la rata blanca (EC) con el

ruido fuerte de la barra (EI) (rata → ruido). El resultado fue que tras una serie de ensayos el niño lloraba y trataba de alejarse (RC) cuando tenía la rata delante. El niño había aprendido una conducta nueva: el miedo a la rata. Luego observaron que estas respuestas de miedo se generalizaban cuando se le presentaban otros objetos con pelo (un conejo, abrigo de piel, etc.).

En la actualidad se estudia el condicionamiento de miedo usando ratas como sujetos experimentales y la técnica de la *supresión condicionada* (SC) o *respuesta emocional condicionada* (REC). La técnica consiste en ver cómo un estímulo es capaz de alterar o suprimir la conducta que está realizando el sujeto. El procedimiento tiene dos fases. En la primera fase, la rata aprende una conducta nueva. Por ejemplo, la rata presiona la palanca en la caja de Skinner y es recompensada por ello con comida (presión de palanca → comida). En la segunda fase, se establece el CC. Se presenta un estímulo del ambiente (por ejemplo, un tono o una luz) durante 1-2 min, seguido de una descarga eléctrica (EI) de intensidad moderada (0,5 s de duración), aplicada en la parrilla del suelo, al final de la presentación del estímulo ambiental (luz o tono→ descarga). La secuencia EC-EI se presenta con un intervalo entre ensayos de más de 5 min. Fruto de este emparejamiento, el animal aprende a suprimir la respuesta de presión de la palanca (RC) cuando están presentes el tono o la luz (EC). Las ratas se quedan paralizadas por el miedo que les produce el EC al señalizar la descarga venidera y por ello dejan de presionar la palanca. Luego, cuando desaparece el EC, los animales continúan presionando la palanca. Como la supresión de la palanca es específica del EC, se dice que el animal ha aprendido a tener miedo al EC que señaliza el peligro. La fuerza de condicionamiento se mide por el grado de supresión de palanca que realiza el sujeto. Con este procedimiento se consigue un condicionamiento fuerte en menos de 10 ensayos.

Para expresar la supresión condicionada de la respuesta se utiliza la *razón de supresión* (RS). La razón de supresión se calcula utilizando la siguiente fórmula: RS = A/ AB. Se cuenta el número de respuestas que realiza el sujeto durante el período de tiempo que está presente el EC (A) y se divide por la suma de las respuestas realizadas durante la presencia del EC más las respuestas dadas en un período de tiempo igual e inmediatamente anterior o *período pre-EC* (B). Así, cuando la rata no cambia la frecuencia de las respuestas y da el mismo número de respuestas durante el período A que durante el período B, la razón de supresión es igual a 0,5. Por ejemplo, si durante el período A da 50 respuestas y durante el período B también da 50 respuestas, la razón de supresión será igual a 0,5 (50/50+50 = 0,5). Esto indica que el animal no suprime ninguna respuesta ante el EC y, por tanto, no hay condicionamiento. Por el contrario, cuando la razón es cercana a 0, indica que se ha producido un fuerte condicionamiento. Cuando la rata no da ninguna respuesta ante la presencia del EC y sigue dando respuestas en su ausencia, entonces la razón de supresión es 0 (por ejemplo, 0/0+50 = 0), y el grado de condicionamiento es máximo. Así pues, cuando el valor de la razón de supresión es alto (cercano a 0’5), indica que se ha producido un condicionamiento débil y cuando el valor es bajo (cercano al 0), que se ha producido un condicionamiento fuerte (figura 3.5).

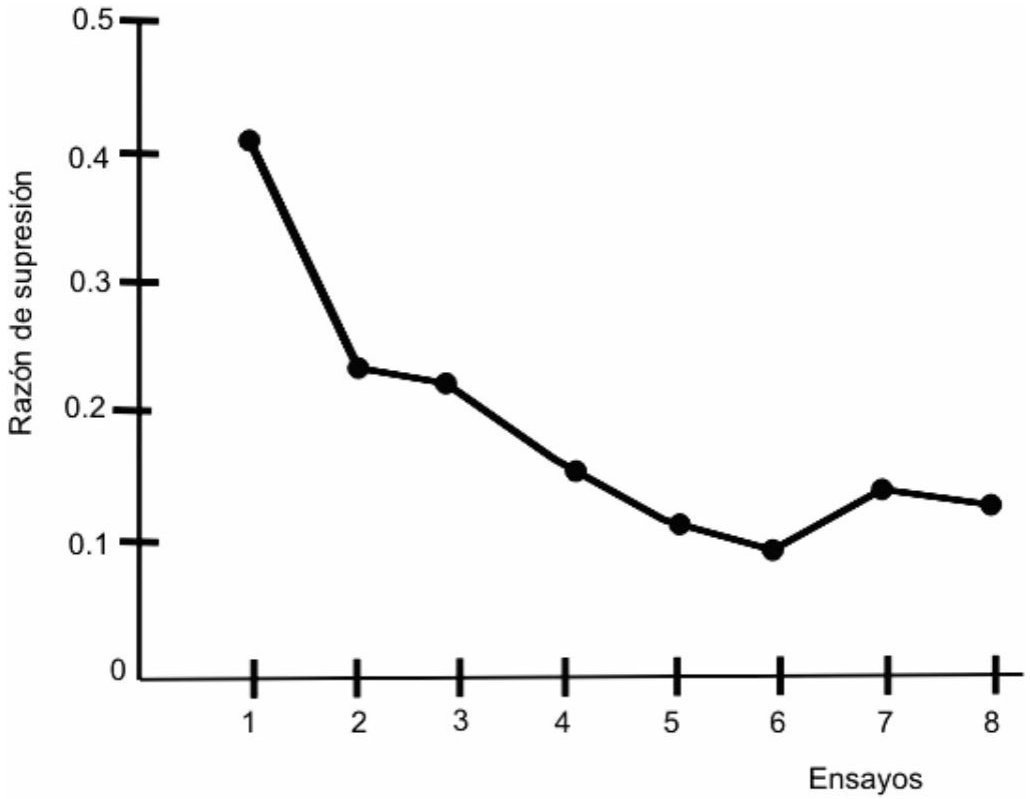


Figura 3.5. Adquisición de la RC mediante la técnica de la supresión condicionada. Unas ratas recibieron un EC durante 60 s seguido de una descarga eléctrica en la parrilla del suelo de la caja como EI. Cuanto mayor es el valor de la razón de supresión, menor es el condicionamiento y viceversa (Según Hall y Pearce, 1979).

Otro procedimiento empleado para estudiar la adquisición de miedos es el condicionamiento de lameteo. Se permite a las ratas lamer un tubo con agua y se mide el grado de supresión de la conducta de lameteo que se produce cuando se presenta el EC que señaliza un estímulo aversivo venidero.

3.4.3. Aversión condicionada al sabor

Se suelen utilizar ratas para estudiar este tipo de condicionamiento. Básicamente consiste en entrenar a los animales a aprender a rechazar una comida o una bebida con un determinado sabor que están asociados a la sensación de náusea inducida por la inyección de una sustancia o la exposición a una radiación. El procedimiento típico consiste en presentar agua con sabor dulce a sacarina (EC) seguido de la inyección de una droga como cloruro de litio o una radiación que produce náuseas (EI) después de una hora (sabor – náusea). La consecuencia es que las ratas muestran una gran aversión al agua dulce cuando luego se les permite beber (figura 3.6). Una de las características de este condicionamiento es que se produce de *forma rápida* ya que sólo es necesario un ensayo para que se instaure un condicionamiento tan fuerte. Otra de las características es

que tarda en aparecer ya que es necesario que se digieran y absorban las sustancias para que se manifieste el efecto de malestar gástrico.

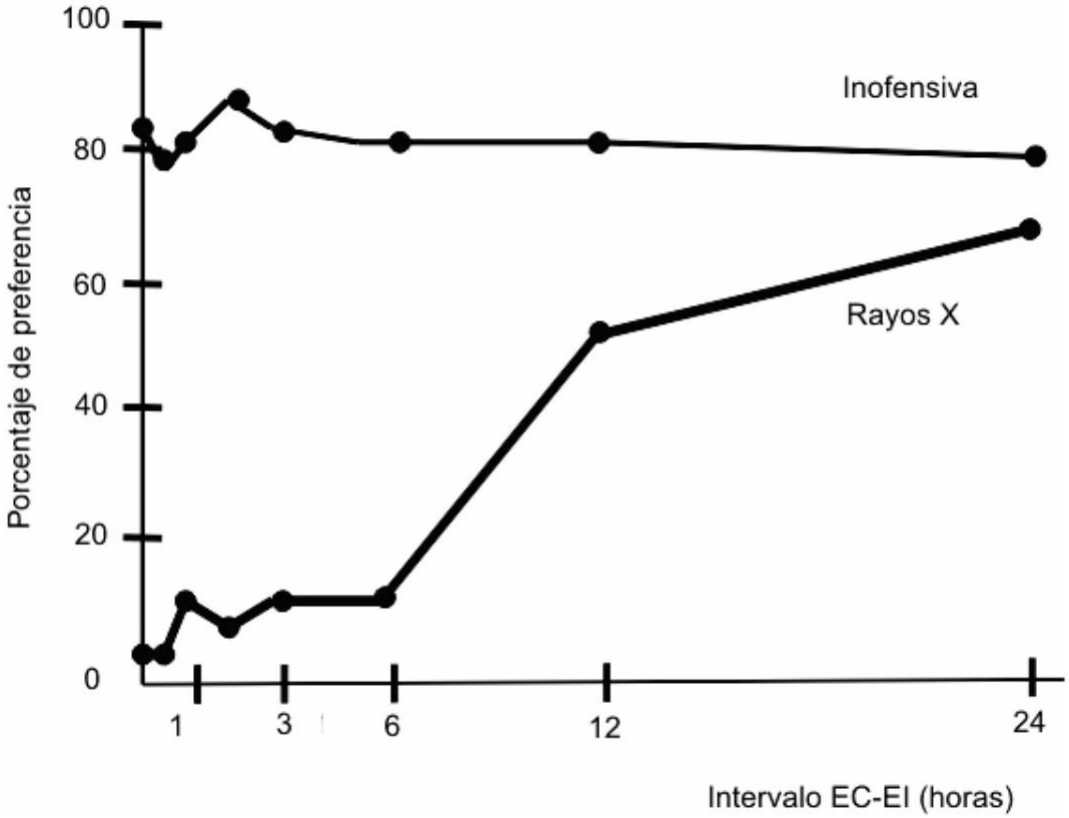


Figura 3.6. Porcentaje de preferencia por el sabor a sacarina (EC) tras ser emparejado con rayos X o con una radiación inofensiva (EI), usando distintos intervalos EC-EI (Según Smith y Roll, 1967).

El aprendizaje de aversión al sabor nos dice no sólo la relación que establecen los animales con la comida, tanto en relación a las preferencias como a las aversiones, sino también el papel práctico que tiene en la clínica médica como se ha demostrado en múltiples investigaciones. Por ejemplo, se ha observado que los pacientes que tienen cáncer y que reciben un tratamiento de quimioterapia suelen sufrir náuseas y pierden el apetito como efecto secundario del tratamiento. También se ha observado que estos pacientes adquieren aversión a los alimentos ingeridos inmediatamente antes de la sesión de quimioterapia (véase Limebeer y Parker, 2000).

3.4.4. Automoldeamiento

El automoldeamiento se denomina también "*seguimiento del signo*" (Brown y Jenkins, 1968). En este procedimiento experimental se suelen utilizar palomas como sujetos. Está

basado en el hecho de que algunos animales se comportan de forma similar ante los signos de comida como ante la comida misma. El procedimiento consiste en presentar un disco iluminado durante 8 s en la caja de Skinner para palomas, seguido de la comida durante 4 segundos (disco iluminado → comida). Al principio de la sesión la paloma se dedica a picotear la comida cada vez que se presenta la tolva con comida, pero tras una serie de ensayos de emparejamiento luz-comida, el animal comienza a picotear el disco (RC) cuando éste se ilumina (EC), a pesar de que la comida se presenta automáticamente y no depende de la respuesta del animal. En cambio, cuando el disco iluminado y la comida se presentan de forma aleatoria, la paloma no picotea el disco. Con este procedimiento, el condicionamiento se consigue en menos de 50 ensayos.

Hearst y Jenkins (1974) demostraron este efecto de forma más clara en un experimento en el que situaron el disco iluminado lejos del comedero. Utilizaron una caja alargada, con dos discos en cada uno de los extremos de la caja y un comedero situado en el centro de la misma. La presentación de la comida iba precedida siempre de la iluminación de uno de los discos situado en uno de los extremos de la caja, a 90 centímetros de distancia. Como el disco se iluminaba durante 8 s y la tolva aparecía con la comida durante 4 s solamente, en algunos ensayos la paloma se dirigía a picotear el disco iluminado y luego no conseguía llegar al comedero abierto. Lo sorprendente de este resultado es que los animales no se dedicaban a obtener la comida que aparecía automáticamente, sin tener que hacer nada. Sólo les bastaba quedarse delante del comedero y esperar a que apareciera la comida. Sin embargo, no hacían eso, sino que seguían el signo de la comida, el disco iluminado (EC). El disco iluminado señalizaba la comida y estimulaba la conducta de acercarse al disco y picotearlo (RC). Por eso se denomina también a este procedimiento "seguimiento del signo".

3.5. Medida del condicionamiento

Hay diversas formas de medir la respuesta condicionada. Una de ellas es la técnica de *anticipación* de la respuesta. Requiere que el EC se presente emparejado con el EI en todos los ensayos de la sesión experimental. Por ejemplo, en el condicionamiento salivar, el EC se presenta durante 8 s antes de que aparezca el EI. Las gotas de saliva segregadas durante ese tiempo nos indican el grado de condicionamiento alcanzado por el estímulo. En cambio, cuando se utilizan otros procedimientos del condicionamiento en los que el espacio entre el EC y el EI es muy breve o el EC y el EI se presentan a la vez, no es fácil saber si la respuesta que se suscita es una respuesta condicionada o incondicionada. En estos casos se utiliza la técnica del *ensayo de prueba*. La técnica consiste en presentar el EC en solitario en algunos ensayos (se omite el EI) y se comprueba si aparece la RC. Ésta es una forma de asegurar que la respuesta suscitada por el EC es una RC y no otra respuesta. Las RC suscitadas a lo largo del entrenamiento nos indican el grado de condicionamiento alcanzado por el EC. El problema que conlleva esta técnica es que puede retrasar el condicionamiento.

También se utiliza la técnica de la *supresión condicionada* que ya se explicó con anterioridad. En este caso, la fuerza del condicionamiento se mide indirectamente por el grado de alteración de la conducta suscitada por el EC y se refleja en la razón de supresión.

3.6. Medida de la respuesta condicionada

Existen varias formas de medir la fuerza de la respuesta condicionada. Se puede medir la *magnitud de la respuesta* o cantidad de respuesta que tiene lugar. En las situaciones experimentales más frecuentes en el condicionamiento clásico se suelen medir la cantidad de agua ingerida o el número de lameteos (condicionamiento de aversión al sabor), el número de gotas de saliva (condicionamiento salivar), etc. En otras ocasiones se utiliza la *probabilidad de la respuesta* o frecuencia con la que el EC suscita la RC. Por ejemplo, en el condicionamiento de parpadeo se mide el *porcentaje de ensayos en los que el EC suscita la RC*. Una tercera forma de medir la fuerza de la respuesta es la *latencia de respuesta* o tiempo que tarda en suscitarse la respuesta desde que se presenta el EC.

3.7. El control experimental en el condicionamiento clásico

Cuando en un experimento se observa la aparición de una respuesta ante la presentación del EC, debemos asegurarnos de que esa respuesta se debe a la asociación establecida entre el EC y el EI y no a otras causas. Por eso, en los experimentos sobre CC se emplea un *grupo de control verdaderamente aleatorio* en el que se presentan el EC y el EI de forma aleatoria. En este grupo, el EC y el EI pueden ocurrir juntos de forma ocasional o aparecer por separado, de forma que existe la misma probabilidad de que el EC vaya seguido del EI que de que no vaya seguido. Con este procedimiento no tiene lugar el condicionamiento a pesar de que en algunos ensayos aparezcan apareados el EC y el EI.

3.8. Tipos de condicionamiento clásico

Hay distintos tipos de condicionamiento clásico dependiendo de la relación que se establece entre el EC y el EI y el significado motivacional del EI (véase figura 3.7).

Relación EC-EI	Nivel motivacional del EI	
	Apetitivo	Aversivo
Relación **positiva** $EC^+ \rightarrow EI$ (EC^+ señala presencia de EI)	**Excitatorio** Apetitivo	**Excitatorio** Aversivo
Relación **negativa** $EC^- \rightarrow$ No EI (EC^- señala ausencia de EI)	**Inhibitorio** Apetitivo	**Inhibitorio** Aversivo

Figura 3.7. Formas de condicionamiento clásico en función de la relación que se establece entre el EC-EI y el nivel motivacional del EI.

Cuando hablamos aquí de la relación que se establece entre el EC y el EI nos referimos a si el EC va seguido del EI o no. Existe una relación de contingencia positiva EC-EI cuando el EC va seguido del EI (EC → EI), es decir, cuando el EC predice la aparición del EI. Por el contrario, existe una relación de contingencia negativa EC-EI cuando el EC no va seguido del EI (EC → ausencia de EI), es decir, cuando el EC predice la ausencia de EI. Si la relación de contingencia EC-EI es positiva, el CC es de tipo *excitatorio*, y si la relación de contingencia EC-EI es negativa, el CC es de tipo *inhibitorio*. El EC de tipo excitatorio recibe la notación de EC o EC+ y el EC de tipo inhibitorio la notación de EC-.

Los estímulos que actúan como EI (también llamados reforzadores) tienen atributos sensoriales y motivacionales o afectivos. Cada EI tiene un atributo sensorial específico (gustativo, visual, etc.) y un atributo motivacional o afectivo. En función del carácter motivacional del EI, el condicionamiento puede ser *apetitivo* (de recompensa) o *aversivo* (de defensa). Por ejemplo, el condicionamiento salivar clásico de Pavlov es de tipo apetitivo porque utiliza la comida como EI y el condicionamiento de aversión al sabor es de tipo aversivo porque utiliza el malestar gástrico (náuseas) como EI.

Teniendo en cuenta la relación de contingencia EC-EI y el valor motivacional del EI, existen 4 modalidades experimentales de CC: excitatorio apetitivo o aversivo, e

inhibitorio apetitivo o aversivo.

La mayoría de la investigación sobre CC se ha realizado utilizando el condicionamiento excitatorio.

3.9. Relación temporal entre el EC y el EI

El tiempo que transcurre desde la presentación del EC hasta la aparición del EI es un factor clave en el condicionamiento. Como regla general, el condicionamiento se produce mejor cuando el EC antecede al EI. Dependiendo del intervalo entre el EC y el EI, existen distintos procedimientos experimentales (véase figura 3.8).

1. Procedimientos *hacia delante o proactivos* (EC → EI). En estos procedimientos el EC se presenta antes de que aparezca el EI. Pueden ser de dos tipos: *demorado* o *de huella*.

    1.1. Procedimiento *demorado*: en este procedimiento el EC se presenta unos segundos antes que el EI. El tiempo que se demora la aparición del EI puede ser corto o largo.

    En el procedimiento de *demora corta* el EC se presenta unos segundos antes que el EI (menos de 1 min) y termina cuando empieza el EI o a la vez que el EI. Este procedimiento se considera el más eficaz para producir condicionamiento.

    En el procedimiento de *demora larga* el EC se presenta unos minutos antes que el EI (2-10 min) y se mantiene hasta que aparece el EI. Como el tiempo de presentación del EC es largo, a medida que avanza el entrenamiento el sujeto aprende que el EI tarda en aparecer, por lo que la RC se suscita un tiempo después del inicio del EC. Es decir, la RC no se suscita en el momento de la presentación del EC, sino un tiempo después. Este fenómeno se denomina *inhibición de demora*.

    1.2. Procedimiento *de huella* (EC → [huella] → EI): El EC se presenta y desaparece un poco antes de que aparezca el EI. El período de tiempo entre la finalización del EC y la aparición del EI se denomina *intervalo de huella*. El procedimiento de huella se ve afectado por el aumento del intervalo EC-EI. Cuanto más amplio sea el intervalo de huella, menos posibilidades habrá de que se produzca el condicionamiento. Normalmente se considera que este procedimiento es menos eficaz para producir condicionamiento que el demorado.

2. Procedimiento *simultáneo* (EC y EI a la vez): en este procedimiento el

intervalo EC-EI es cero ya que el EC y el EI se presentan y terminan al mismo tiempo. En este caso, el EC es un mal predictor del EI por lo que su eficacia para producir condicionamiento no es buena. Como el EC y el EI se presentan de forma simultánea, este último resulta más relevante para el sujeto, lo que dificulta mucho que el EC adquiera la capacidad de predecir al EI. En algunos casos, como en las ocasiones en las que el EI es ecológicamente muy relevante, el EC sí es capaz de condicionarse. Pero incluso en estos casos, es importante asegurarse de que la respuesta observada se debe a la presentación del EC.

3. Procedimiento *hacia atrás* (EI → EC): en este procedimiento el EI se presenta seguido del EC. Su eficacia para producir condicionamiento resulta un tanto contradictoria y se conoce mucho menos su funcionamiento que en los procedimientos anteriores. Un resultado típico del condicionamiento hacia atrás es que el EC adquiere un carácter inhibitorio, posiblemente debido a que el EC señaliza la terminación del EI y un intervalo de tiempo sin presencia de EI. Sin embargo, otras investigaciones han mostrado que el EC puede adquirir un carácter tanto excitatorio como inhibitorio. ¿Cómo es posible esto? Porque una variable importante en el condicionamiento hacia atrás es el número de emparejamientos EI-EC que tienen lugar. Así, cuando el número de emparejamientos es corto, el EC adquiere carácter excitatorio, y cuando es largo, carácter inhibitorio. Por ejemplo, Cole y Miller (1999), utilizando un condicionamiento de lameteo en ratas y descargas como EI, encontraron que el EC adquiría carácter excitatorio con un entrenamiento de 4-16 emparejamientos y un carácter inhibitorio con un entrenamiento de 96 emparejamientos.

   Éstos son los hechos, pero no está claro por qué ocurren así. La mayoría de los modelos de aprendizaje contemporáneos predominantes asumen implícitamente que el aprendizaje sólo ocurre en situaciones en las que el EC tiene un valor predictivo sobre el EI, lo que requiere que el EC preceda siempre al EI. Por eso, la existencia de condicionamiento excitatorio hacia atrás supone un problema. Chang, Blaisdell y Miller (2003) proponen la *hipótesis de la mediación del contexto* para explicar el condicionamiento hacia atrás tanto excitatorio como inhibitorio, apoyados en los resultados experimentales de sus investigaciones. Estos autores sugieren que el contexto físico en el que ocurre el condicionamiento puede ser un estímulo que media para que el EC se convierta en estímulo excitatorio o inhibitorio. En los primeros ensayos de entrenamiento, el sujeto no puede diferenciar la regularidad de los intervalos entre ensayos ni la separación temporal de los EIs no señalizados, por lo que toda esa sesión de entrenamiento (*contexto global)* deriva en un contexto excitatorio. Sin embargo, cuando el sujeto ha tenido un entrenamiento amplio, aprende que hay un período seguro (libre de descarga) que sigue al EC (contexto local). Así, en la prueba que sigue

tras unos pocos ensayos de entrenamiento, el EC activa la representación del contexto global excitatorio que induce miedo a través de la secuencia *EC → contexto global → EI*. El EC señaliza el inicio de un contexto global excitatorio y de ese modo suscita una RC excitatoria a través de un condicionamiento de segundo orden. En otras palabras, el contexto que sigue inmediatamente al EC puede mediar excitación entre el EC y el EI porque el contexto global se ha hecho excitatorio.

Por el contrario, tras muchos ensayos de entrenamiento hacia atrás, el EC puede convertirse en predictor de un período de seguridad (*EC → contexto local post-EC → no EI*). En el momento de la prueba, este EC activa la representación del contexto local libre de descargas. De acuerdo con la hipótesis de mediación del contexto, el condicionamiento hacia atrás inhibitorio es consecuencia de que EC llega a predecir un contexto local libre de descargas.

En resumen, se puede decir que el EC va seguido de un contexto excitatorio en los primeros emparejamientos del condicionamiento hacia atrás, por lo que puede convertirse en un EC excitatorio de segundo orden. En cambio, en un entrenamiento largo, el sujeto puede codificar la ocurrencia del período libre del EI en el contexto local que sigue a cada EC, y el EC puede convertirse en inhibidor.

4. Condicionamiento *temporal*: se presenta en solitario el EI a intervalos regulares. El intervalo de tiempo entre la presentación de un EI y otro, como es fijo, se convierte en EC y es capaz de suscitar la RC antes de la aparición del EI. Para comprobar si se produce la RC, no se presenta el EI en algunos ensayos y se observa la fuerza de la RC (procedimiento de ensayo prueba).

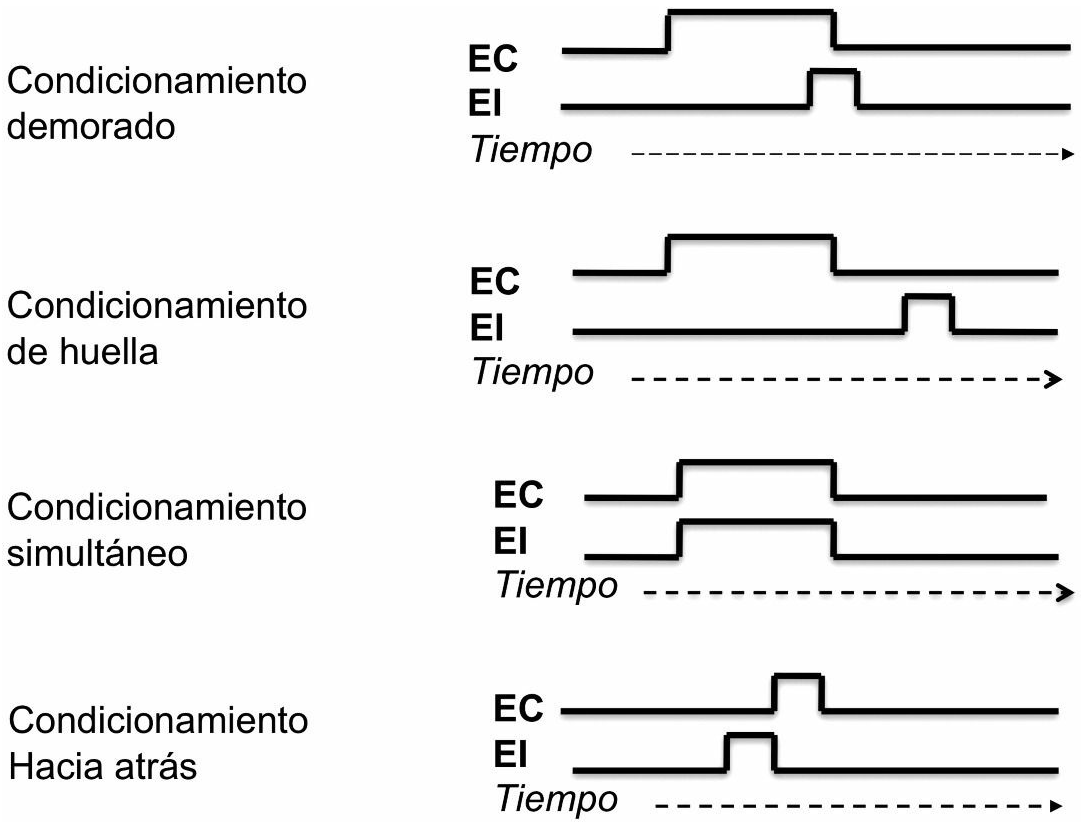


Figura 3.8. Procedimientos del condicionamiento clásico en función de la relación temporal entre el EC y el EI.

Un ejemplo del efecto del intervalo EC-EI lo podemos observar en el experimento de Smith, Coleman y Gormezano (1969). Estos investigadores utilizaron el procedimiento de condicionamiento aversivo con diferentes IEEs y conejos como sujetos experimentales. El experimento incluyó grupos de condicionamiento hacia delante, simultáneo y hacia atrás. Los resultados mostraron que es necesario que el EC preceda al EI para que se produzca el condicionamiento excitatorio. Además, en los grupos con entrenamiento hacia delante el condicionamiento disminuyó cuando el IEEs era muy corto o muy largo. Es decir, la relación entre IEEs y condicionamiento no es lineal, sino que existe un *intervalo óptimo* que produce el máximo condicionamiento y unos intervalos superiores e inferiores a partir de los cuales no se produce el condicionamiento. No hay un IEEs ideal común en todos los sistemas de respuesta que produzca el máximo condicionamiento, sino que cada sistema de respuesta tiene su propio IEEs óptimo.

3.10. Condicionamiento clásico inhibitorio

En este tipo de aprendizaje se establece una relación de contingencia negativa entre el EC y el EI (EC → ausencia de EI). El EC señala la ausencia del EI venidero y se convierte en un estímulo condicionado inhibitorio (abreviado EC-) que suscita una respuesta

condicionada inhibitoria. Si en el condicionamiento excitatorio el sujeto aprende que un estímulo señala la presencia de otro, en el inhibitorio aprende que un estímulo señala la no presencia de otro.

La RC inhibitoria es de signo contrario a la RC excitatoria. Por ejemplo, en el condicionamiento de aversión al sabor, el sabor a sacarina (EC) es un estímulo excitatorio que produce náuseas y malestar gástrico (EI) (el EC se asocia a la náusea) y como consecuencia suscita la respuesta condicionada de aversión al sabor a sacarina. Por el contrario, un estímulo inhibitorio (EC- asociado a la ausencia de náusea) producirá bienestar y mayor consumo de agua con sabor a sacarina. De la misma forma, en el condicionamiento salivar, un estímulo excitatorio (EC asociado a la comida) producirá salivación, y un estímulo inhibitorio (EC- asociado a la ausencia de comida) suscitará frustración. Como se puede apreciar, el EC- inhibitorio suscita una respuesta contraria a la provocada por el EC excitatorio. Si el EC produce un aumento en la respuesta (caso del condicionamiento salivar), el EC- suscita una disminución de la misma y al revés, si el EC provoca una disminución del consumo de agua (caso de la aversión al sabor), el EC- suscita un aumento del mismo (mayor consumo de agua).

El condicionamiento inhibitorio puede ser apetitivo o aversivo en función del carácter motivacional del EI, al igual que ocurría en el condicionamiento excitatorio. Los ejemplos anteriores son una muestra de ello.

El condicionamiento inhibitorio ocurre sólo si existe un contexto excitatorio. Es decir, un EC adquiere el carácter inhibitorio sólo si se espera que aparezca un EI. Por ejemplo, cuando vamos a un cine y nos encontramos un cartel que dice "cerrado por reformas", este cartel adquiere el carácter de estímulo inhibitorio porque señala la ausencia de algo que esperábamos encontrar.

3.10.1. Procedimientos de condicionamiento inhibitorio

Hay distintos procedimientos para conseguir un condicionamiento inhibitorio. Los dos más efectivos son el procedimiento *de inhibición estándar* o *compuesta* y el procedimiento de *inhibición diferencial*.

El *procedimiento estándar* (A+/AX-) consta de dos tipos de ensayos que se presentan repetidamente de forma aleatoria (véase figura 3.9, panel 1). En unos ensayos se presenta el EC+ (denominado A) seguido del EI como en un entrenamiento normal de condicionamiento excitatorio, y en otros ensayos el EC+ se presenta junto con el EC- (denominado X), sin ningún EI. Si después de un entrenamiento repetido con los dos tipos de ensayos, se presenta sólo el EC-, aparece la RC inhibitoria. Es decir, como consecuencia del entrenamiento, el EC- adquiere la capacidad de señalar la ausencia de EI en un contexto excitatorio donde se espera que aparezca el EI. Por ejemplo, en el contexto de la circulación, un semáforo en rojo (EC) señala peligro (EI) para el peatón porque pasan los coches. Si ante un semáforo en rojo hay un policía municipal indicando que paren los coches y que pasen los peatones, el policía se convierte en estímulo

inhibitorio (EC-) porque señala ausencia de peligro para el peatón en un contexto en el que se supone es peligroso.

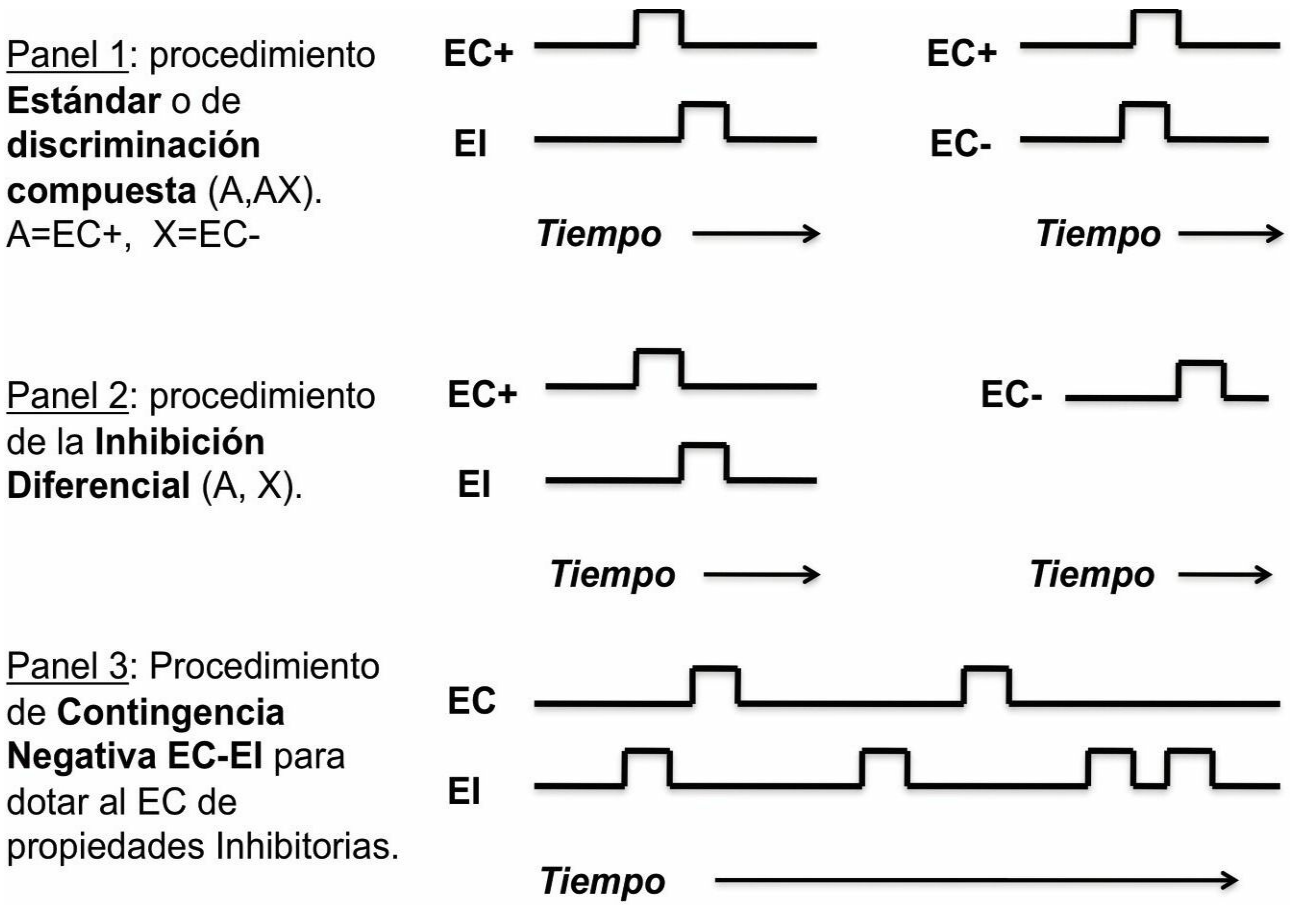


Figura 3.9. Procedimientos del condicionamiento clásico inhibitorio. Panel 1: procedimiento estándar o de discriminación compuesta; Panel 2: procedimiento de inhibición diferencial; Panel 3: contingencia negativa EC-EI.

El *procedimiento de inhibición diferencial* (A+/X-) consta también de dos tipos de ensayos que se presentan periódicamente de forma aleatoria: en unos ensayos se presenta el EC+ seguido del EI y en otros se presenta el EC- solo (véase figura 3.9, panel 2). En este segundo tipo de ensayos el EC- está correlacionado negativamente con el EI. Siempre que aparece el EC- le sigue un período de tiempo sin el EI, por lo que el EC- llega a predecir ausencia del EI. De esta forma, el EC- se convierte en estímulo inhibidor condicionado. ¿Cuál es el contexto excitatorio para que se desarrolle la inhibición condicionada? En este procedimiento no aparece de forma expresa. El contexto excitatorio lo proporcionan las claves contextuales del aparato presentes durante el entrenamiento. Como el EI está presente en la situación experimental, las claves contextuales del aparato adquieren propiedades excitatorias. Siguiendo con el ejemplo de la circulación, cuando el semáforo está en rojo (EC+) indica peligro (EI) y cuando está en verde (EC-) señala ausencia de peligro porque los coches están parados y pueden

pasar los peatones.

El EC también adquiere carácter inhibitorio si hay una relación de contingencia negativa EC-EI (véase figura 3.9, panel 3).

3.10.2. Cómo medir la inhibición condicionada

Ya se ha indicado que las RC inhibitorias son de signo contrario a las RC excitatorias. Cuando se utilizan en la investigación *sistemas de respuesta bidireccionales*, la identificación de la tendencia contraria es fácil y se hace de una forma directa como en el condicionamiento excitatorio. En los sistemas de respuesta bidireccionales una respuesta puede variar hacia arriba y hacia abajo respecto a una línea base de actuación, que puede corresponder a la excitación o la inhibición. Por ejemplo, la tasa cardiaca puede aumentar ante un estímulo excitador que señale peligro y bajar ante un estímulo inhibidor que señale ausencia de peligro. Lo mismo podemos decir del automoldeamiento en el que un animal puede acercarse o alejarse de un estímulo.

Sin embargo, cuando los sistemas de respuesta que se utilizan no son bidireccionales o tienen poca frecuencia (por ejemplo, el parpadeo en los conejos), la medición de la inhibición condicionada resulta más compleja. En estos casos se utilizan dos tipos de técnicas de medida: la prueba de *sumación* y el *retraso en la adquisición*.

En la *prueba de sumación* se presentan juntos un estímulo inhibitorio y otro excitatorio. Como la excitación y la inhibición se consideran dos fenómenos opuestos, si se presentan juntos un estímulo excitatorio y otro inhibitorio, se suman los efectos de ambos y la intensidad de la respuesta observada será el resultado neto de los dos efectos. La lógica es la siguiente: si se combina un valor positivo (+8) y otro negativo (-5), la suma de los dos será menor que la del valor positivo solo (+3). De esta forma, si observamos que la intensidad de la respuesta es menor cuando se presentan juntos el EC+ y el EC- que cuando se presenta sólo el EC+, tendremos una prueba objetiva de que el EC- es un estímulo inhibitorio.

El otro método para detectar la inhibición condicionada es *el retraso en la adquisición* del condicionamiento. Cuando a un estímulo inhibitorio efectivo (por ejemplo, un tono que señaliza ausencia de DE) luego tratamos de convertirlo en un estímulo excitatorio, emparejándole con un EI (Tono → DE), tarda más en producirse el condicionamiento que en un grupo control en el que el tono sólo recibió emparejamiento con un EI (Tono → DE).

Por ejemplo, tras un entrenamiento con el procedimiento estándar de la inhibición diferencial (Luz → DE; Tono → ausencia de DE), un tono adquiere la capacidad de señalar la ausencia de descarga eléctrica en un grupo de ratas. Si luego queremos que este mismo tono señale la presencia de descarga al mismo grupo de ratas (Tono → DE) y se instaure un condicionamiento excitatorio, ¿qué es lo que ocurre? Que el tono tarda más tiempo en señalar la presencia de la descarga y, por tanto, en aparecer la RC, en comparación con otro grupo de ratas (grupo control) que sólo recibió el emparejamiento

Tono → DE.

3.11. Fenómenos básicos del condicionamiento clásico

3.11.1. Adquisición

Es el aumento gradual de la respuesta condicionada como consecuencia de la presentación repetida del EC y del EI en contigüidad temporal (EC EI). La fuerza de la nueva respuesta aumenta a medida que transcurren los ensayos hasta alcanzar el nivel máximo o *nivel asintótico* de la respuesta. El aumento de la fuerza de la respuesta es negativamente acelerado pues en los primeros ensayos el aumento es mayor que en los últimos ensayos (véase figura 3.10). En la mayoría de los sistemas de respuesta el nivel asintótico se logra a lo largo de varios ensayos, es decir, de forma lenta y gradual. El número de ensayos para conseguir el condicionamiento varía de unos sistemas de respuesta a otros. Hay un sistema de respuesta en el que el que la adquisición es rápida: la *aversión condicionada al sabor* en ratas que se logra en un solo ensayo. Esta velocidad en el condicionamiento se debe, probablemente, a la especial relevancia o significación biológica que los estímulos tienen para las ratas.

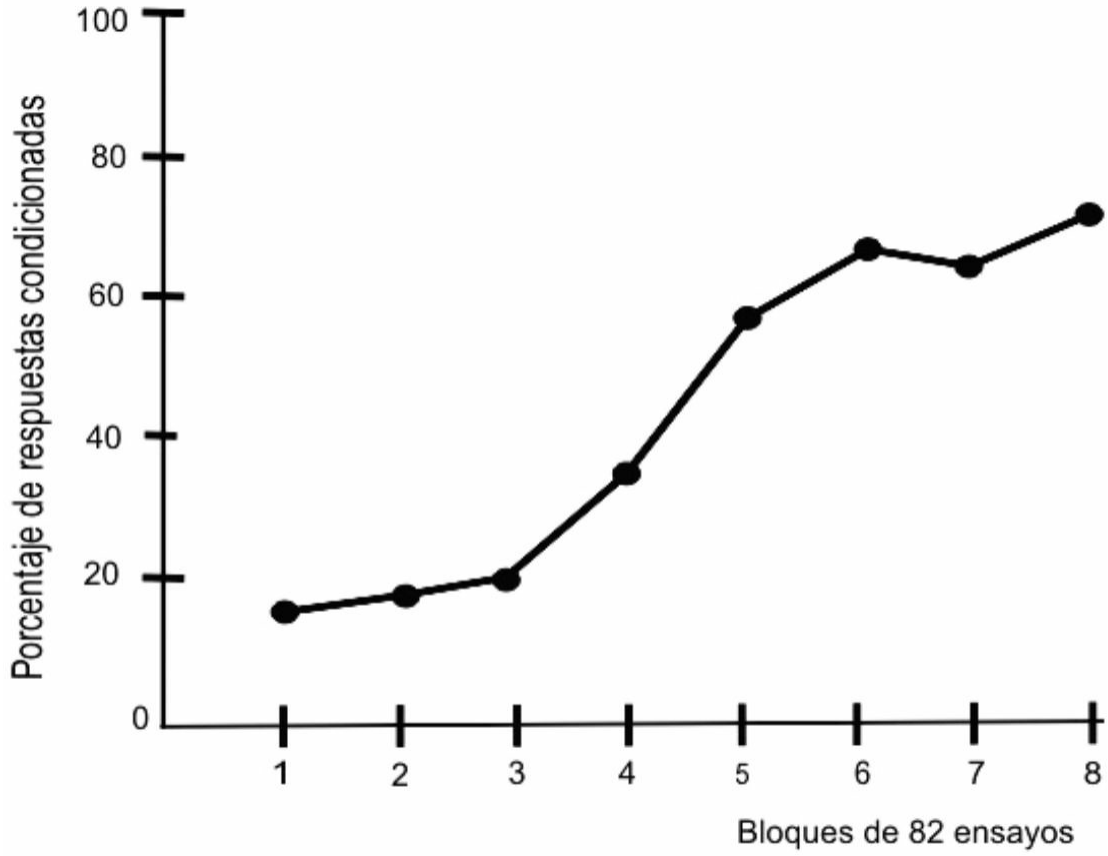


Figura 3.10. La figura de la derecha muestra una gráfica con el resultado experimental de una curva típica del

condicionamiento de parpadeo en conejos (Según Schneiderman, Fuentes y Gormezano, 1962).

Según Pavlov, la adquisición de la RC se debe al establecimiento de nuevas conexiones nerviosas entre dos áreas cerebrales (por ejemplo, las áreas sensoriales de la *campana* y la de la *comida* en el condicionamiento salivar). El sonido de la campana suscita la respuesta de salivación porque activa estructuras nerviosas que previamente sólo eran activadas por la comida. Es decir, en el fenómeno de la adquisición de una respuesta nueva se produce una sustitución de estímulos: la campana sustituye a la comida para producir la salivación. La nueva conexión funcional establecida es temporal y se mantiene mientras exista el condicionamiento.

En la actualidad se considera que en la adquisición de la RC el sujeto aprende una nueva expectativa: después del EC viene el EI. Entonces, cuando se presenta el EC, el sujeto espera que aparezca el EI y suscita la RC, una respuesta nueva que antes no era provocada por este estímulo.

3.11.2. Extinción

Desde el punto de vista operacional, la extinción consiste en la presentación del EC en solitario de forma repetida (sin el EI), y fruto de este entrenamiento se produce un descenso progresivo de la fuerza de la RC hasta alcanzar el nivel asintótico de la misma. La extinción se produce porque se rompe la expectativa sobre la relación EC-EI formada durante la adquisición. Cuando se presenta el EC en solitario, el sujeto ya no espera que aparezca el EI.

Pavlov explicaba la *extinción* diciendo que se producía una *inhibición nerviosa* en las conexiones establecidas durante la adquisición. Los animales aprendían a inhibir de forma activa la respuesta condicionada ante el EC. Se basaba en el hecho de que la respuesta extinguida reaparecía si, pasado un tiempo desde la extinción, se volvía a presentar el EC.

¿Esto quiere decir, entonces, que el EC adquiere el carácter inhibitorio durante la extinción y que ésta se produce por un efecto de inhibición condicionada? Para saberlo hemos de comprobar si el EC pasa la prueba de sumación o se produce un retraso en la adquisición de un condicionamiento excitatorio en la fase de recondicionamiento. Las investigaciones realizadas al efecto muestran que el EC de la extinción no pasa ninguna de las dos pruebas (López, Cantora y Aguado, 2004). El EC no adquiere el carácter inhibitorio y por tanto la extinción no es un proceso inhibitorio. Los procesos de extinción y de inhibición condicionada son distintos.

3.11.3. Recuperación de la respuesta extinguida

Existen varias manipulaciones experimentales que recuperan de forma parcial la respuesta condicionada extinguida. Estas recuperaciones de la respuesta demuestran que en la extinción no se borra todo el aprendizaje original, sino que permanece en algún grado la asociación previa.

A) Recuperación espontánea de la respuesta

Se produce la reaparición de la RC extinguida si se presenta el EC pasado un tiempo, después de la fase de extinción. Éste es un fenómeno transitorio que se limita a los primeros ensayos. En la figura 3.11 se muestran los resultados obtenidos en un experimento sobre recuperación espontánea de la respuesta (Rescorla, 1996). Se midió la respuesta de acercamiento al comedero ante un estímulo auditivo y un estímulo visual que señalaban la disponibilidad de comida y que habían sido extinguidos. El estímulo auditivo (E-1) había sido extinguido 5 días antes de la prueba y el estímulo visual (E-2) inmediatamente antes de la prueba. En la gráfica se observa la recuperación espontánea de la respuesta específicamente ante el E-1, en la fase de prueba. Los datos indican que existe una recuperación mayor de la respuesta cuanto más tiempo pasa desde la fase de extinción a la de prueba.

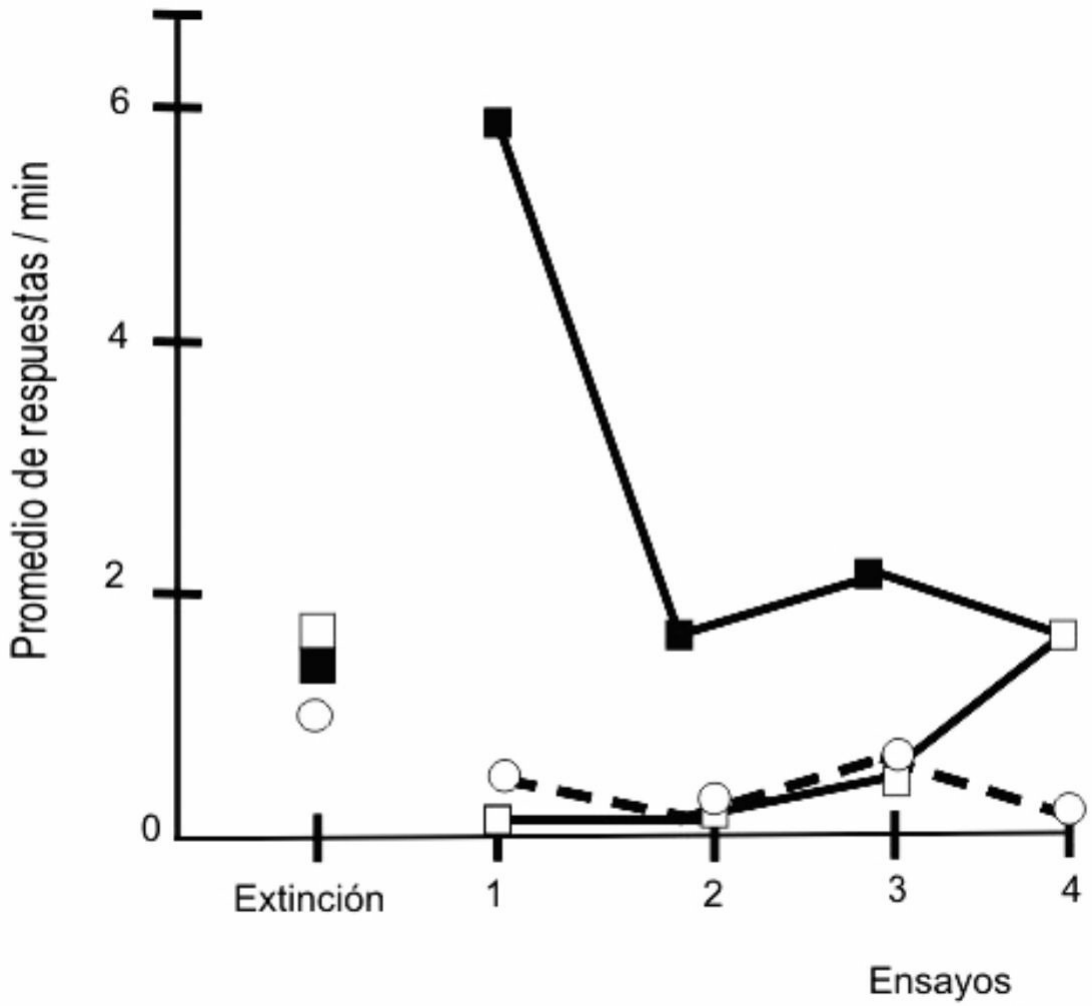


Figura 3.11. Recuperación espontánea de la respuesta tras la extinción en el condicionamiento clásico. En la gráfica se muestra la respuesta de acercamiento al comedero obtenida en una sesión previa a la presentación de cualquier estímulo y luego la respuesta al estímulo presentado 5 días después de la extinción (E-1) o inmediatamente después de la extinción (E-2) (Según Rescorla, 1996).

B) Desinhibición

El fenómeno de la desinhibición fue descrito originalmente por Pavlov y consiste en la recuperación de la respuesta condicionada extinguida como resultado de la presentación de un estímulo nuevo, pero neutro, durante la extinción. Este fenómeno parece que no es fácil de replicar. Por ejemplo, Rescorla indica que nunca ha tenido éxito en reproducirlo en su laboratorio a pesar de haberlo intentado varias veces (Rescorla, 2001).

C) Reinstauración

El fenómeno fue descrito por Pavlov y consiste en la reinstauración de la respuesta condicionada extinguida debido a la mera presentación en solitario del EI original. La reinstauración de la RC se ha observado tanto en animales como en humanos. Hermans, Dirikx, Vansteenwegenin, Baeyens, Van Den Bergh y Eelen (2005) estudiaron la reinstauración de la RC de miedo. Tras la adquisición y consiguiente extinción de la respuesta, se presentaron una serie de 4 ensayos del EI en solitario en el grupo de reinstauración. El grupo control no recibió ninguna presentación adicional del EI. El resultado fue que el grupo experimental mostró una reinstauración significativa de la respuesta de miedo y ninguna el grupo control.

D) Recuperación de la respuesta por cambio de contexto

También reaparece la respuesta condicionada extinguida si la fase de prueba se realiza en un contexto distinto al de la extinción. Un ejemplo de este fenómeno lo encontramos en Kearns y Weiss (2007). Estos autores realizaron un experimento con ratas a las que presentaban un tono seguido de cocaína autoadministrada. En la segunda fase, las ratas eran colocadas en otro contexto distinto donde se presentaba sólo el tono sin la cocaína (extinción). En la fase de prueba, las ratas volvían al contexto original donde se les presentaba el tono y se medía la RC. El resultado fue que las ratas recuperaban la RC extinguida ante la presentación del tono. Sin embargo, no se producía la recuperación de la respuesta en el grupo de control que realizaba la fase prueba en el mismo contexto que las fases de adquisición y de extinción (grupo sin cambio de contexto).

¿Por qué se produce la extinción? Lo primero que cabe reseñar acerca de la extinción es que la presentación en solitario del EC y la omisión del EI alteran completamente la situación. Hay un cambio muy grande en los estímulos del entorno al desaparecer el estímulo biológicamente más relevante. Se rompe la expectativa creada acerca del EI y disminuye progresivamente la respuesta. En segundo lugar, se producen cambios también en el sujeto. El animal varía su estado emocional y aparece la frustración junto a otras respuestas emocionales, que alteran la disposición del sujeto para responder. Así pues, hay un cambio en el entorno y la experiencia del animal.

3.11.4. Generalización

En el condicionamiento clásico, la RC no sólo se suscita ante la presentación de un EC efectivo, sino ante otros estímulos similares al mismo, a pesar de que éstos no hayan sido nunca emparejados con el EI. Cuanto más parecido sea un estímulo al EC, mayor probabilidad habrá de que suscite la RC. Por ejemplo, en el condicionamiento salivar, si el perro se ha condicionado a una luz blanca, probablemente también suscitará la RC ante una luz amarilla, pero no ante un tono.

3.11.5. Discriminación

La discriminación es el fenómeno contrario a la generalización. La respuesta condicionada se va produciendo ante estímulos más específicos. Si por ejemplo se presenta un EC+ que siempre va seguido de comida y otro EC- que nunca va seguido de comida, aunque al principio del entrenamiento la presentación de los dos estímulos pueda suscitar la respuesta condicionada, luego la presentación de EC+ suscitará la RC y la del EC- no. En el medio natural los animales constantemente discriminan qué estímulo está relacionado con una determinada consecuencia importante y qué estímulo no.

3.12. Fenómenos especiales del condicionamiento

El condicionamiento ocurre con una gran variedad de estímulos, en distintos sistemas de respuesta y en múltiples situaciones. Todo esto hace que el condicionamiento sea más amplio de lo que se ha visto hasta ahora. Se ha explicado que el condicionamiento se producía por la presentación repetida de la secuencia EC-EI. Es decir, requería que uno de los estímulos tuviera más fuerza biológica que otro. Sin embargo, hay casos especiales de condicionamiento en los que los animales son capaces de responder a un EC que nunca ha sido emparejado con el EI, lo que permite ampliar los mecanismos de aprendizaje a situaciones en las que no se incluye el EI o reforzador. Estos fenómenos muestran que para que se produzca asociación entre estímulos no es necesario que el segundo elemento de la asociación sea un EI. Las asociaciones también se establecen entre dos estímulos sin ningún valor biológico.

Estos hechos contrastan con las teorías tradicionales del condicionamiento que consideraban que sólo era posible el condicionamiento si uno de los estímulos era biológicamente relevante. Además, estos fenómenos cuestionan la idea de Pavlov de que en el condicionamiento se produce una sustitución de estímulos (el EC sustituye al EI).

3.12.1. Precondicionamiento sensorial

En este fenómeno de aprendizaje, primero se emparejan dos estímulos neutros y luego uno de ellos se presenta seguido de un EI efectivo. En la figura 3.12 se muestra un diseño experimental de este fenómeno. Como se puede observar en la ilustración, en la primera fase, en el grupo experimental se empareja un tono con una luz y en la segunda una luz con comida. En la tercera fase se presenta el tono en solitario y se mide la respuesta que suscita. En este caso, el tono suscitará la RC en el grupo 1 (experimental), pero no en el grupo 2 (control). Hay que reseñar que el tono es capaz de suscitar la RC a pesar de que nunca ha sido emparejado con la comida.

Este tipo de aprendizaje se denomina “aprendizaje silencioso” porque no se manifiesta externamente en un cambio de conducta. El sujeto ha aprendido algo, pero no

lo manifiesta hasta que no se den las circunstancias adecuadas. Sólo podemos saber que el sujeto ha aprendido algo en la primera fase si empleamos métodos indirectos que lo comprueben. En este fenómeno también se demuestra que el aprendizaje no es lo mismo que la actuación.

Este fenómeno es importante porque los mecanismos de condicionamiento se producen sin la presencia de ningún EI. Parece que cuando el animal establece una relación fiable entre dos estímulos del ambiente, se produce la asociación entre ellos independientemente de su naturaleza.

Grupos / Fases	Experimental	Control
Pre-condicionamiento	T → L	T // L
Condicionamiento	L → Comida	L → Comida
Prueba	T	T

Figura 3.12. Diseño experimental del precondicionamiento sensorial. L = luz; T = tono.

3.12.2. Condicionamiento de orden superior

El condicionamiento tiene lugar cuando se empareja un estímulo neutro con otro estímulo que ya se ha condicionado con anterioridad. En la figura 3.13 se muestra un diseño experimental de este fenómeno. En la primera fase, el grupo experimental es expuesto al emparejamiento repetido de una luz (EC-1) con comida. Éste es el entrenamiento típico de un condicionamiento excitatorio (EC → EI). Cuando la luz ya es capaz de suscitar una respuesta fiable, luego se empareja un tono (EC-2) con la luz (EC-2 → EC-1). Como resultado de este entrenamiento el tono adquiere propiedades semejantes a la luz y es capaz de suscitar la RC.

Así pues, se dice que ocurre un condicionamiento de orden superior cuando un EC ya efectivo hace funciones de EI para producir condicionamiento. El condicionamiento de orden superior indica que la asociación opera a diferentes niveles. Un organismo puede aprender la relación entre una luz y la comida (condicionamiento de primer orden), pero también puede aprender a asociar un tono con la luz (condicionamiento de segundo orden). El condicionamiento de segundo orden ocurre tanto en el condicionamiento excitatorio como en el inhibitorio y es más potente cuando los EC son de la misma modalidad sensorial.

Pavlov fue el primero en describir que un cuadro negro era capaz de suscitar la salivación si se emparejaba con el sonido de un metrónomo que previamente había sido emparejado con la comida. Desde entonces se han desarrollado múltiples experimentos

para estudiar este fenómeno. Muchos de los condicionamientos que ocurren en los humanos se adquieren a este nivel, sin presencia de EI. En nuestra vida no ocurren constantemente hechos biológicamente relevantes que puedan explicar todas las asociaciones que realizamos. Al contrario, la mayoría de las asociaciones que establecemos las hacemos entre EC (véase Mineka y Zinbarg, 2006).

Grupos	Experimental	Control
Condicionamiento 1er orden	L → Comida	L → Comida
Condicionamiento 2º orden	T → L	T // L
Prueba	T	T

Figura 3.13. Diseño experimental del condicionamiento de orden superior. L = luz; T = tono.

3.12.3. Contracondicionamiento

El condicionamiento de un animal a un EC puede cambiarse asociando ese mismo estímulo a otro EI de signo contrario. La respuesta que da un animal ante un estímulo se puede invertir si se empareja ese EC con un EI que provoca la reacción contraria (Lovibond y Dickinson, 1982; Stevenson, Boakes y Wilson, 2000). Por ejemplo, si un perro tiene miedo a los truenos, la reacción de miedo puede cambiarse asociando los truenos con comida.

En este fenómeno se observa que los estímulos que pueden actuar como EC no se limitan a los estímulos neutros, sino que otros estímulos que no son neutros también pueden actuar como EC. Siguiendo el ejemplo anterior, el perro en un principio ha aprendido a reaccionar con miedo a los truenos (EC) porque los relaciona con peligro (EI). Sin embargo, luego, cuando se emparejan los truenos (mismo EC) con comida (EI) se cambia la respuesta de miedo por la de tranquilidad ante los truenos. Un EC que señalaba un estímulo aversivo luego es capaz de señalar un estímulo apetitivo.

En un estudio sobre contracondicionamiento realizado por Stevenson, Boakes y Wilson (2000), con ratas como sujetos, se presentó un color seguido de una solución de ácido cítrico que resultaba desagradable para los sujetos y luego el color seguido de una solución dulce. El resultado fue que se cambió la asociación color-ácido cítrico por la asociación color-dulzor. Sin embargo, cuando se administraba un olor seguido de una solución de ácido cítrico y luego el olor seguido de una solución con sabor dulce, no cambiaban las consecuencias perceptivas y hedónicas. Estos datos muestran la diferencia que hay de entre olores y otro tipo de estímulos en el contracondicionamiento,

probablemente debido a la distinta relevancia causal que los estímulos tienen para los sujetos.

3.13. Resumen

El condicionamiento clásico es un tipo de aprendizaje asociativo en el que los organismos relacionan dos o más estímulos del ambiente y basados en esta relación llegan a predecir la ocurrencia de uno de ellos y a dar respuestas nuevas. Esta asociación va a resultar ventajosa para los organismos ya que les permite detectar por anticipado determinados sucesos relevantes para su supervivencia y a prepararse para recibirlos. Este tipo de aprendizaje fue descubierto y estudiado originalmente por Pavlov desde la perspectiva experimental.

Los elementos del condicionamiento clásico son el estímulo incondicionado (EI), la respuesta incondicionada (RI), el estímulo condicionado (EC) y la respuesta condicionada (RC).

Los procedimientos experimentales del condicionamiento clásico se basan en la relación temporal que se establece entre la presentación del EC y aparición del EI y son los siguientes: demorado, de huella, simultáneo y hacia atrás.

Para saber si ha ocurrido la RC se utilizan las técnicas de la anticipación de la respuesta y del ensayo prueba. La fuerza de la respuesta condicionada se mide mediante la magnitud de la respuesta, la probabilidad de la respuesta o el porcentaje de ensayos en los que el EC suscita la RC y la latencia de la respuesta.

Hay distintos procedimientos de CC dependiendo de la relación de contingencia que se establece entre el EC y el EI y el significado motivacional del EI. Cuando la relación de contingencia EC-EI es positiva, el CC es de tipo excitatorio, y cuando la relación EC-EI es negativa, el CC es de tipo inhibitorio. Existen 4 modalidades experimentales de CC en función de la relación de contingencia EC-EI: excitatorio apetitivo o aversivo e inhibitorio apetitivo o aversivo.

La *adquisición* es el aumento gradual de la RC como consecuencia de la presentación repetida del EC y del EI en contigüidad temporal. La fuerza de la nueva respuesta aumenta a medida que transcurren los ensayos hasta alcanzar el nivel máximo o nivel asintótico de la respuesta.

La *extinción* en el CC consiste en la presentación del EC en solitario de forma repetida. El resultado de este entrenamiento es el descenso progresivo de la fuerza a la respuesta. La extinción se produce porque se rompe la expectativa sobre la relación EC-EI formada durante la adquisición.

En la *inhibición condicionada* se establece una relación de contingencia negativa entre el EC y el EI. El EC señala la ausencia del EI venidero y se convierte en un estímulo condicionado inhibitorio o EC- que suscita una RC inhibitoria de signo contrario a la RC excitatoria. Hay un *procedimiento estándar* (A+/AX-) en el que se presentan repetidamente de forma aleatoria dos tipos de ensayos y un procedimiento de *inhibición*

diferencial (A+/X-) en el que también se presentan dos tipos de ensayos. En unos ensayos se presenta el EC+ seguido del EI y en otros se presenta el EC- solo. Cuando se utilizan sistemas bidireccionales de respuesta es fácil medir la RC inhibitoria, ya que es la contraria a la RC excitatoria. Sin embargo, cuando se utilizan otros sistemas de respuestas para medir la RC se suelen usar la prueba de sumación y el retardo en la adquisición.

Hay fenómenos que constituyen variaciones de los principios generales del aprendizaje porque muestran que el condicionamiento es posible sin el EI. Estos fenómenos son el *pre-condicionamiento sensorial* y el *condicionamiento de orden superior*. En el *precondicionamien to sensorial* primero se emparejan dos estímulos neutros y luego uno de ellos se presenta seguido de un EI efectivo. Cuando en la fase de prueba se presenta el otro estímulo neutro, suscita la RC. Es decir, cuando un animal establece una relación fiable entre dos estímulos del ambiente, se produce la asociación entre ellos. El condicionamiento también tiene lugar cuando se empareja un estímulo neutro con un EC efectivo. Como resultado de este entrenamiento el estímulo neutro adquiere propiedades de EC y es capaz de suscitar la RC. Así pues, se dice que ocurre un *condicionamiento de orden superior* cuando un EC ya efectivo hace funciones de EI para producir condicionamiento.

4
Condiciones del entrenamiento que afectan al condicionamiento clásico

La capacidad de asociación entre el EC y el EI depende de varios factores. Aquí vamos a tratar bastantes de ellos como el intervalo entre estímulos, el intervalo entre ensayos, las características del EC y del EI (intensidad, novedad o duración), la experiencia previa con el EC (inhibición latente), con el EI o con el EC y EI presentados de forma descorrelacionada (irrelevancia aprendida) o la experiencia simultánea con dos estímulos y uno de ellos es más relevante que el otro (ensombrecimiento) o más informativo (bloqueo), etc.

4.1. Intervalo entre estímulos

El *intervalo entre estímulos* o relación temporal entre la presentación del EC y del EI es un factor fundamental para el establecimiento del condicionamiento. Como ya se dijo anteriormente cuando se habló de los procedimientos de condicionamiento clásico, hay intervalos temporales entre EC-EI que facilitan el condicionamiento e intervalos que lo dificultan. No hay un intervalo idóneo para todos los sistemas de respuesta ni para todas las especies, sino que cada uno de ellos tiene un intervalo ideal o *intervalo óptimo* que produce el máximo de condicionamiento. A la vez, hay unos intervalos superiores e inferiores en los que no es posible conseguir el condicionamiento. Por ejemplo, mientras en el *condicionamiento de parpadeo* el intervalo óptimo empleado es de milisegundos, en el *condicionamiento salivar* es de segundos y en el *condicionamiento de aversión al sabor* es de 30-60 minutos. Si, por ejemplo, tenemos en cuenta la especie, podemos observar que en el condicionamiento de parpadeo el intervalo óptimo en conejos es de 450 ms, en personas jóvenes de 400 ms y en adultos de 1.000 ms (Solomon, Blanchard, Levine, Velázquez y Groccia-Ellison, 1991). Por eso, cuando se realiza un experimento de condicionamiento clásico, es necesario emplear un intervalo EC-EI adecuado al sujeto experimental y al tipo de respuesta que se va a investigar.

4.2. Duración del EC

La duración del EC también influye en el condicionamiento. De forma general, los estímulos cortos producen una RC mayor que los largos. En los experimentos de condicionamiento se presentan de forma común estímulos cortos o estímulos fásicos. También suelen condicionarse aquellos estímulos que están siempre presentes en una sesión experimental. Son los llamados *estímulos contextuales* o tónicos (Bouton y Peck, 1989). Los estímulos contextuales se condicionan más cuando no hay ningún estímulo expreso que pueda predecir al EI.

4.3. Intensidad del EC

El condicionamiento está relacionado con la intensidad del EC. Cuanto más intenso sea un EC, más fácil se producirá el condicionamiento. Los EC que se utilicen deben ser suficientemente intensos para suscitar la RC, pero no excesivamente intensos porque suelen provocar respuestas incompatibles con la RC. Un EC más intenso será un estímulo más relevante respecto a los estímulos contextuales y, por tanto, más fácil de discriminar. Por ello, un EC más intenso tendrá mayor probabilidad de asociarse con el EI que un EC menos intenso.

En un experimento realizado por Barker (1976) sobre aversión condicionada al sabor en ratas, se demuestra el efecto de la intensidad del EC sobre el condicionamiento. Barker presentó una solución dulce con distintas concentraciones de sacarina dependiendo del grupo (0,024, 0,12, 0,24 y 1,2 % de peso de sacarina/volumen agua) y varió también la duración del acceso al agua (0 s, 5 s, 1 min y 10 min). Después de 30 minutos desde la presentación de la solución dulce (EC), las ratas sufrieron náuseas y malestar gástrico (EI) inducido por una radiación, lo que les produjo aversión al sabor (RC). Los resultados se pueden observar en la figura 4.1. La intensidad del sabor disminuyó la cantidad de bebida consumida, lo que indica que los grupos con mayor concentración de sacarina se condicionaron más que los grupos con menor concentración de la misma. De igual forma, la aversión al sabor fue mayor cuanto más tiempo se permitió beber a los animales.

En algunos casos la intensidad del EC afecta al condicionamiento de una forma más complicada. Cuando se presenta un EC compuesto y uno de los estímulos del compuesto es más intenso o relevante que el otro, el estímulo más intenso se condiciona más y ensombrece el condicionamiento del estímulo menos intenso. A este fenómeno se le denomina ensombrecimiento (Spetch, 1995). Por ejemplo, si presentamos una luz y un tono fuerte seguido de una descarga eléctrica es probable que los sujetos se condicionen más al tono fuerte que a la luz.

Ya Pavlov había observado que cuando se presentaba un tono intenso junto a otro tono más débil seguido de un EI, el tono fuerte se condicionaba más que el débil (Pavlov, 1927) (Tt → EI). En este caso se dice que el tono fuerte (T) ensombrece el condicionamiento del tono débil (t). El tono débil también se condicionaba, pero menos que cuando se presentaba sólo seguido del EI en un grupo de control (t → EI).

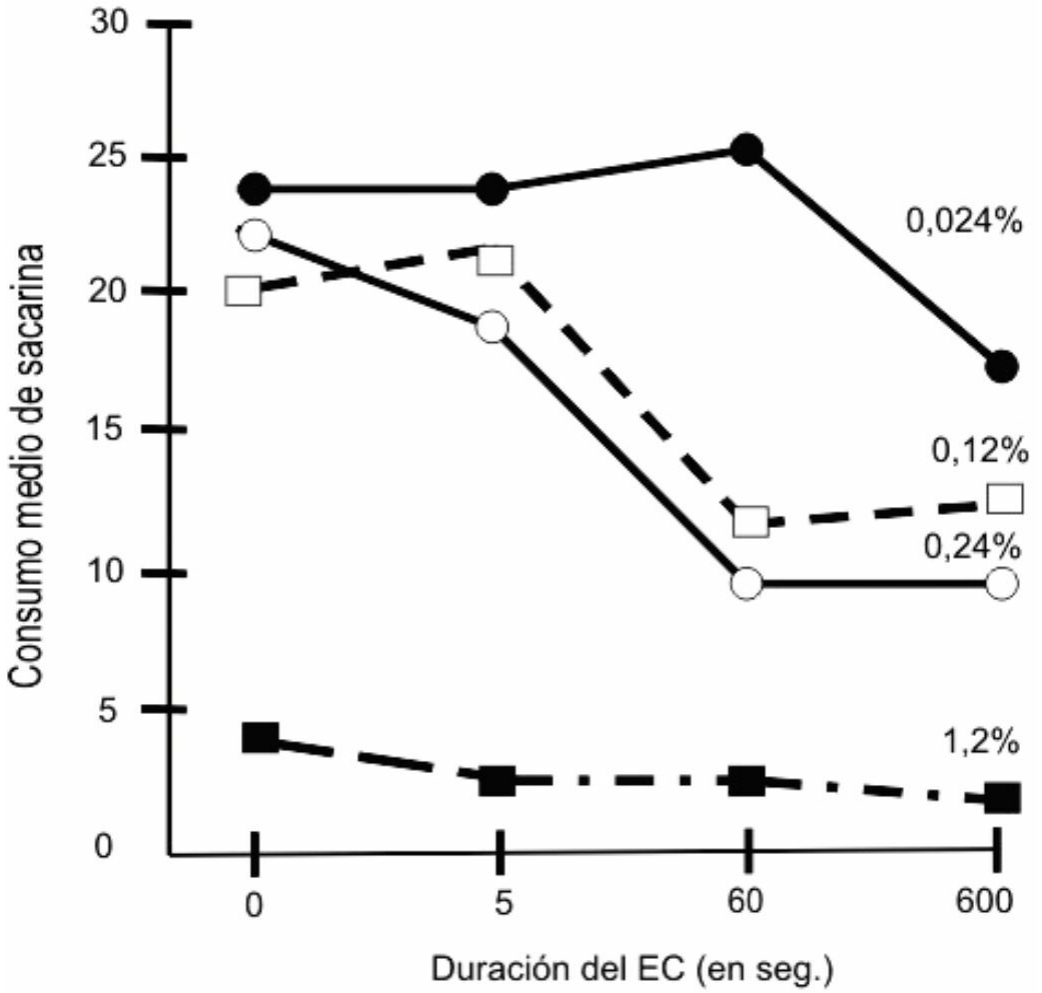


Figura 4.1. Consumo medio de solución con sacarina (en gramos) de 16 grupos de ratas. Los animales habían recibido una combinación de concentración de sacarina y duración del tiempo de bebida (Según Barker, 1976).

4.4. Tipo de EC

El tipo de EC o naturaleza del EC también afecta al condicionamiento. En un experimento realizado por Holland (1977), con el procedimiento de automoldeamiento en palomas, se presentó un tono y una luz seguido de comida y luego se midió la forma de la RC. El resultado fue que la RC variaba en función del tono y de la luz. Mientras el tono producía sacudidas de la cabeza de la paloma, la luz aumentaba la frecuencia de conductas como examinar la tolva de la comida o erguirse.

En otro experimento realizado por Welker y Wheatley (1977), con el procedimiento de supresión condicionada en ratas, se presentaba una luz como EC y una descarga eléctrica como EI. En un grupo el EC consistía en el aumento de la intensidad de iluminación del aparato, y en el otro grupo el EC era un descenso de la misma. El resultado fue que la razón de supresión fue menor en el primer grupo que en el segundo. Las ratas suprimían más la respuesta de presión de la palanca cuando se aumentaba la

luz que cuando se disminuía. Los autores explicaron estos datos desde el punto de vista de la etología del animal. Las ratas son animales nocturnos que están activos por la noche y permanecen más inactivos por el día. Estos animales prefieren la oscuridad a la luz. La oscuridad de la madriguera se relaciona con la seguridad y la luz del día con el peligro.

Así pues, hay algunos tipos de EC que se condicionan mejor que otros con un EI. Esto parece depender de la importancia biológica que tengan los estímulos para el animal. Ciertos EC suscitan mejor ciertos tipos de conductas relacionadas con determinados EI. Así, cuando el animal está hambriento y el EI es comida, el EC provoca respuestas de búsqueda de comida, mientras que cuando el EI es aversivo se suscitan respuestas de defensa. De la misma forma, cuando el EI es la comida, los tonos producen sacudidas de la cabeza condicionadas en las ratas mientras que las luces tienden a producir reacciones de levantamiento sobre las patas traseras. Por tanto, las características de la respuesta dependen tanto de la naturaleza del EC como del EI.

4.5. Valor informativo del EC

El condicionamiento se basa en el grado de correlación que hay entre el EC y el EI y no tanto del número de veces que aparecen juntos el EC y el EI, por lo que el valor informativo o predictivo del EC es el factor clave del condicionamiento clásico. Un EC y un EI pueden presentarse emparejados de forma repetida, pero si el EC no es fiable para predecir la ocurrencia del EI, no se produce la RC.

4.5.1. Contingencia entre el EC y del EI

Desde Aristóteles se ha considerado a la contigüidad como la ley fundamental para el establecimiento de asociaciones entre sucesos. La mejor condición para que dos sucesos puedan asociarse es que aparezcan cercanos en el tiempo y en el espacio.

En páginas anteriores se ha señalado la importancia de la variable *tiempo* en el condicionamiento. Se explicó que no hay un intervalo entre estímulos ideal para que se produzca el condicionamiento, sino que depende del sistema de respuesta considerado y de la especie utilizada. Hay un intervalo óptimo para cada sistema de respuesta. Sin embargo, determinados resultados experimentales han mostrado que la contigüidad no es una condición suficiente para que se produzca el aprendizaje.

Uno de los problemas con los que se encuentra el principio de contigüidad es el hecho de que el condicionamiento se produce mejor cuando hay una cierta *asincronía entre el EC y el EI* que cuando se presentan simultáneamente. De acuerdo con este principio, el condicionamiento simultáneo debería ser mejor ya que el EC y el EI aparecen y terminan a la vez. Sin embargo, lo que ocurre es que el condicionamiento simultáneo da lugar a un nivel de condicionamiento muy pobre. El condicionamiento se produce mejor cuando hay una asincronía entre los estímulos, es decir, cuando el EC se

presenta un poco antes que el EI (condicionamiento demorado).

Otro de los problemas es que el intervalo entre estímulos interacciona con el intervalo entre ensayos para que se produzca el condicionamiento. Cuanto mayor sea el intervalo entre ensayos respecto al intervalo entre estímulos, mejor se produce el condicionamiento.

El principio de contigüidad ha sido también cuestionado por una serie de fenómenos del condicionamiento como la validez predictiva relativa, el bloqueo, etc. El efecto de validez predictiva relativa demuestra que el condicionamiento no depende sólo de la relación que se establece entre el EC y el EI, sino también de todos los demás estímulos presentes en la situación (Rescorla, 1968).

La simple ocurrencia en contigüidad temporal del EC y del EI no garantiza que el condicionamiento se produzca de una forma automática (Rescorla, 1968). Aunque la contigüidad temporal del EC y del EI es un determinante fundamental del condicionamiento clásico, los resultados experimentales muestran que ésta *no es una condición necesaria ni suficiente* para producir condicionamiento. El condicionamiento no depende tanto del número de veces que se presentan emparejados el EC y el EI en una sesión experimental, sino de la correlación que haya entre ambos estímulos en esa sesión. Para que tenga lugar el condicionamiento el EC tiene que proporcionar *información* acerca del EI, tiene que *predecir* la ocurrencia o no del EI.

En una sesión experimental de condicionamiento normalmente se presentan emparejados el EC y el EI de forma repetida y estas secuencias van separadas por un intervalo entre ensayos en el que no ocurren ni el EC ni el EI. Con este entrenamiento el EC adquiere la capacidad de controlar la emisión de la RC a medida que se repiten los ensayos. Sin embargo, los datos experimentales indican que cuando el EC y el EI se presentan en solitario en el intervalo entre ensayos, la RC se desarrolla de forma más lenta, es más débil o no se desarrolla (Rescorla, 1968). La contigüidad temporal EC-EI no es una condición suficiente para explicar estos resultados. El condicionamiento se produce sólo cuando existe una relación global de contingencia entre el EC y el EI. Si la contigüidad hace referencia a la relación temporal entre el EC y el EI en cada ensayo, la contingencia es una *relación molar* que tiene en cuenta toda la sesión experimental, incluidos los sucesos que puedan ocurrir en el intervalo entre ensayos.

En la figura 4.2 aparecen varias secuencias teóricas de condicionamiento. Si se observa bien, las secuencias 1 y 2 son equivalentes en cuanto al número de emparejamientos EC-EI. La única diferencia es que en la secuencia 1 el EI se presenta varias veces solo en el intervalo entre ensayos. Si pusiéramos a prueba ambas secuencias y entrenáramos a un grupo de sujetos con la secuencia 1 y a otro con la secuencia 2, obtendríamos resultados muy distintos. El grupo entrenado con la secuencia 1 no se condicionaría y el grupo entrenado con la secuencia 2 lograría el condicionamiento. ¿Por qué ocurre esto? Porque en la secuencia 1 el EI tiene la misma probabilidad de aparecer precedido del EC que solo. El EC y el EI están descorrelacionados y, por tanto, el EC no puede proporcionar ninguna información acerca del EI. El EC no puede ser predictor del EI porque aparece tanto en su presencia como en su ausencia. La secuencia 1

corresponde al grupo de control verdaderamente aleatorio que se emplea en la actualidad en los estudios sobre condicionamiento. Por el contrario, en la secuencia 2 el EI siempre va precedido del EC por lo que el EC tiene bastante información acerca de la presencia del EI y, por tanto, podría desarrollar el condicionamiento. En la secuencia 3, el EC nunca va seguido del EI por lo que podría condicionarse negativamente y señalar la ausencia del EI. Para que se produzca el condicionamiento, pues, es necesario que el EC señale el aumento o la disminución de la probabilidad del EI. Si señala un aumento de la probabilidad del EI, se producirá un condicionamiento excitatorio y si señala una disminución, un condicionamiento inhibitorio.

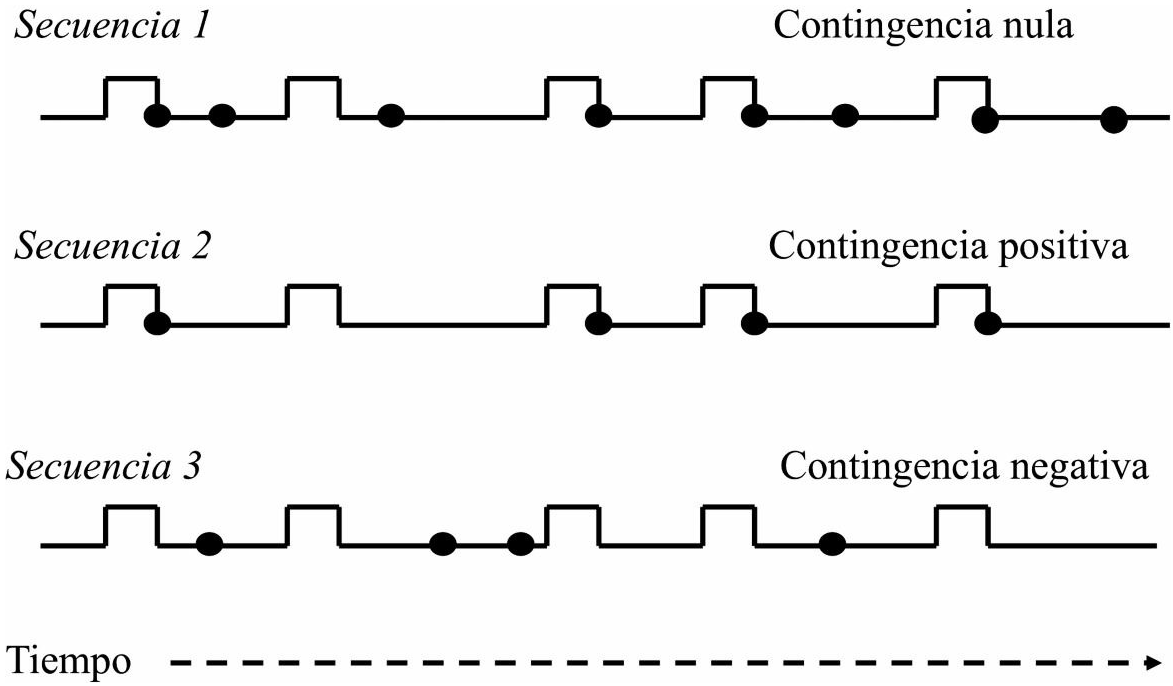


Figura 4.2. Secuencias teóricas de condicionamiento con distintas contingencias EC-EI. El entrenamiento con la *secuencia 1* (contingencia nula) no haría posible el condicionamiento, el entrenamiento con la *secuencia 2* (contingencia positiva) haría posible el condicionamiento excitatorio y el entrenamiento con la *secuencia 3* (contingencia negativa) haría posible el condicionamiento inhibitorio.

Un experimento seminal realizado por Rescorla (1968) ilustra la limitación del papel de la contigüidad en el condicionamiento y la relevancia de la relación de contingencia EC-EI. En esta investigación, Rescorla empleó ratas como sujetos y la técnica de supresión condicionada. Después de que las ratas aprendieran a presionar la palanca para obtener comida, se inició la fase de condicionamiento clásico. Cada sesión experimental duraba 2 horas. La sesión se dividió en períodos de 2 min. En cada período podía ocurrir una de estas tres cosas: que apareciera el EC seguido del EI (tono → DE), que apareciera sólo el EI (DE) o que no apareciera ningún estímulo. Se varió la probabilidad de que apareciera el EI en presencia (o ausencia) del EC en cada uno de los períodos. La

probabilidad de que apareciera el EI no señalado en cada período fue de 0,0, 0,1, 0,2 y 0,4, según el grupo. A su vez, se mantuvo constante en los cuatro grupos la probabilidad de aparición emparejada del EC-EI en 0,4 (el EI sólo aparecía en el 40% de los períodos). Esto supone que todos los grupos recibieron un programa de emparejamiento parcial EC-EI de 0,4 y tres de ellos recibieron además EI en solitario. El resultado fue que el condicionamiento dependió de la probabilidad de aparición del EI en solitario (véase figura 4.3). Cuando nunca se presentó el EI en solitario (grupo probabilidad 0,0), se produjo condicionamiento de la respuesta. Las ratas suprimían la presión de la palanca ante la presencia del tono porque este estímulo predecía de forma fiable la descarga, lo que indica que se había formado una asociación tono-descarga. Sin embargo, cuando se aumentó la probabilidad de aparición del EI en solitario, disminuyó la supresión de la respuesta de presión de palanca (reflejado en una mayor razón de supresión), es decir, fue menor el condicionamiento. Cuando la descarga apareció con la misma frecuencia en presencia del tono que en su ausencia (grupo de probabilidad 0,4), el tono no tuvo ningún efecto sobre la respuesta, es decir, no se produjo ningún condicionamiento. Así pues, estos resultados indican que para que se produzca el condicionamiento es necesario que el EC señale el aumento o la disminución de la probabilidad del EI. Es decir, el EC debe proporcionar información acerca del EI.

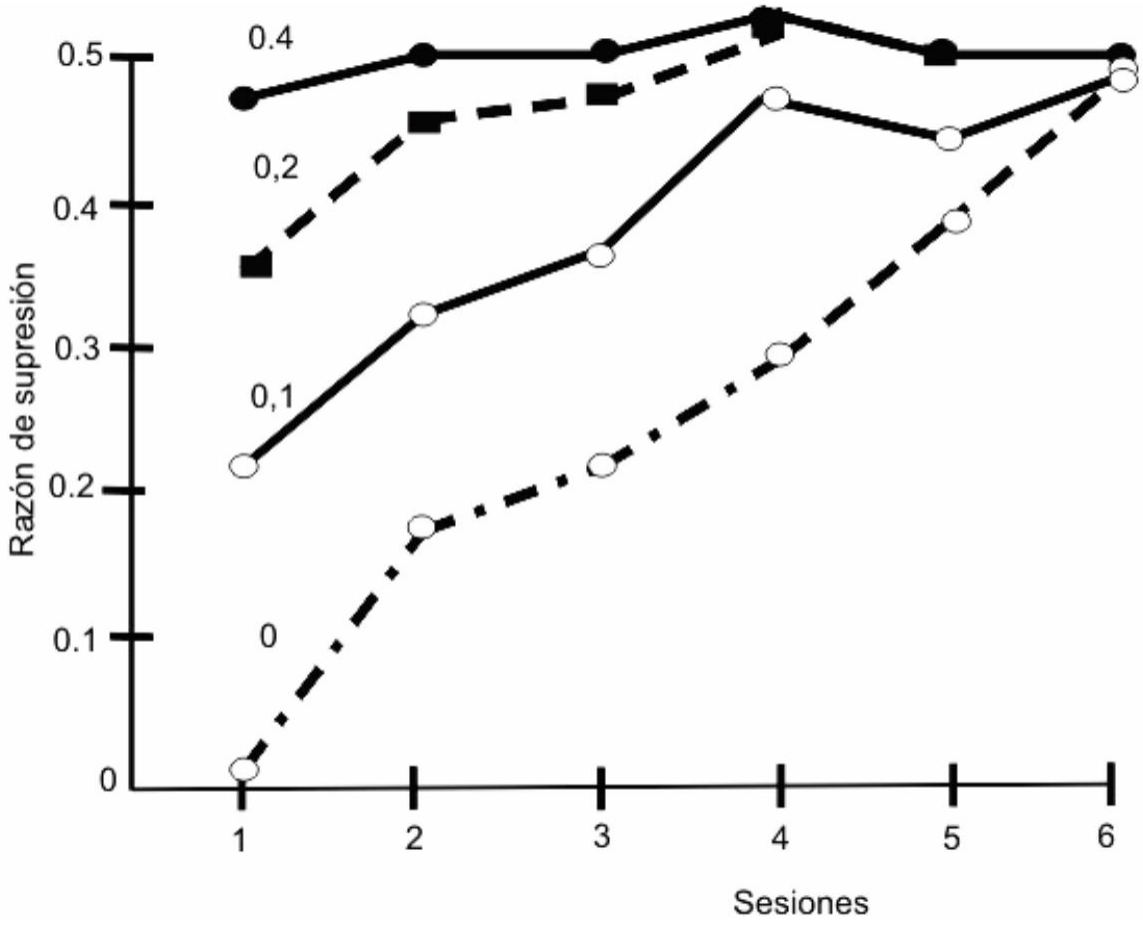


Figura 4.3. Razón de supresión media a lo largo de las seis sesiones de prueba. La probabilidad de aparición del

EC seguido del EI era de 0,4 en todos los grupos. La probabilidad de aparición del EI en solitario era distinta según los grupos (0,0, 0,1, 0,2 y 0,4). Los resultados indican que cuando la probabilidad de aparición del EI en presencia del EC era mayor que en su ausencia, el condicionamiento era mayor (grupos 0,0 > 0,1 > 0,2). Cuando la probabilidad de aparición del EI en presencia del EC era la misma que en su ausencia, no se producía ningún condicionamiento (grupo 0,4). (Según Rescorla, 1968).

Así pues, el factor fundamental para que ocurra el condicionamiento es la *relación de contingencia entre el EC y el EI*. La contingencia se refiere a la probabilidad de que el EC y el EI ocurran juntos, comparado con la probabilidad de que ambos sucesos ocurran separados. La contingencia se mide en términos de probabilidad estadística [(p(EI/EC) - p(EI/No EC)]. La contingencia se define en términos de la diferencia que hay en la probabilidad de que el EI ocurra en presencia del EC [p(EI/EC)] y en ausencia del EC [p(EI/No EC)]. Si la probabilidad de que aparezca el EI en presencia del EC es mayor que de que aparezca en solitario, la contingencia es positiva y el condicionamiento *excitatorio* [p(EI/EC)] > p(EI/No EC)]. El EC refleja la expectativa de que aparezca el EI. Por el contrario, si la probabilidad de que aparezca el EI en solitario es mayor que de que aparezca en presencia del EC, la contingencia será negativa y el condicionamiento *inhibitorio* [p(EI/EC) < p(EI/No EC)]. El EC refleja en este caso la expectativa de omisión del EI. Cuando la probabilidad de que aparezca el EI señalado por el EC es igual que de que aparezca en solitario, la contingencia será nula o cero y no habrá condicionamiento [p(EI/EC) = p(EI/No EC)]. Así pues, la excitación y la inhibición pueden ser vistas como los dos extremos de un continuo. Un EC excitador señala el incremento de la probabilidad de aparición del EI y un EC inhibidor una disminución de dicha probabilidad.

¿La ley de la contingencia excluye la ley de la contigüidad? Nada de eso. La contingencia deberá previamente determinar cuál es el intervalo entre ensayos a partir del cual el sujeto considera que un EI se presenta en solitario o seguido del EC.

4.5.2. Bloqueo

El fenómeno del bloqueo fue descrito por primera vez por Kamin y ha tenido mucha repercusión en la psicología del aprendizaje porque sugiere que la contigüidad temporal entre los estímulos puede no ser siempre suficiente para que ocurra el condicionamiento. En un experimento realizado por Kamin (1969) se empleó el procedimiento de la supresión condicionada con ratas. Su diseño de investigación constaba de 3 fases (véase figura 4.4.). En la primera fase, el grupo de bloqueo recibió 16 ensayos de un ruido (3 min de duración) seguido de una descarga eléctrica breve (ruido → DE). El grupo control no recibió ningún tratamiento. En la segunda fase, los dos grupos recibieron 8 ensayos de entrenamiento con un estímulo compuesto de ruido y luz seguido de la descarga (ruido-luz → DE). En la fase de prueba, los dos grupos recibieron entrenamiento sólo con la luz

(luz). Se quería saber si los dos grupos se condicionaban por igual a la luz. El resultado aparece reflejado en la figura 4.5. Como se puede observar, sólo el grupo control se condicionó a la luz. La razón de supresión fue baja, lo que indica que las ratas suprimían la respuesta de presión de palanca ante la luz. En cambio, el grupo de bloqueo no se condicionó. Las ratas seguían presionando la palanca ante la luz. ¿Por qué no se condicionó? Porque había recibido entrenamiento previo con uno de los estímulos del compuesto, el ruido. La presentación previa del ruido impidió el condicionamiento a la luz a pesar de que los dos estímulos habían sido presentados en contigüidad con la descarga. A este resultado lo denominó Kamin *efecto de bloqueo*.

Grupos / Fases	Bloqueo	Control
I. Condicionamiento previo	R→ DE	----------
II. Condicionamiento compuesto	R-L→ DE	R-L→ DE
III. Prueba	L	L

Figura 4.4. Diagrama en el que se muestra el diseño experimental del experimento de bloqueo de Kamin (1969). R = ruido; L = luz; DE = descarga eléctrica.

El efecto de bloqueo es importante porque demuestra que el emparejamiento de un EC con un EI no produce condicionamiento alguno si se realiza en presencia de otro estímulo que anteriormente ha sido condicionado por separado. En el experimento anterior, el ruido impidió el condicionamiento a la luz en el grupo de bloqueo porque el ruido se había condicionado anteriormente. Los resultados del experimento demuestran que cuando un estímulo ya predice una consecuencia, cualquier estímulo añadido resulta redundante y no se condiciona. El condicionamiento sólo ocurre cuando el EC proporciona nueva información acerca del EI. Si el estímulo añadido al compuesto no tiene información, no se procesa. Sólo se procesan los estímulos que tienen valor informativo.

Los resultados del experimento muestran que la sola contigüidad entre los estímulos resulta ineficaz para producir condicionamiento si hay ausencia de relación informativa. Los mecanismos asociativos sólo entran en juego si el EC ofrece una información nueva respecto a la ocurrencia del EI. Cuando un estímulo predice totalmente el EI, cualquier otro estímulo nuevo añadido no adquiere la capacidad de informar porque resulta

redundante para el sistema.

Por convención en muchos artículos se suelen referir al EC previamente establecido como A, y al EC que va a ser bloqueado como B. De esta manera, en el experimento de Kamin (1969), el condicionamiento al EC A interfiere con la adquisición de la respuesta condicionada del EC B cuando los dos estímulos son presentados emparejados en el estímulo compuesto AB. Este paradigma consta de tres fases y puede ser abreviado como (A+ / AB+ / B-). El signo "más" significa seguido del EI, y el "menos" en ausencia de EI.

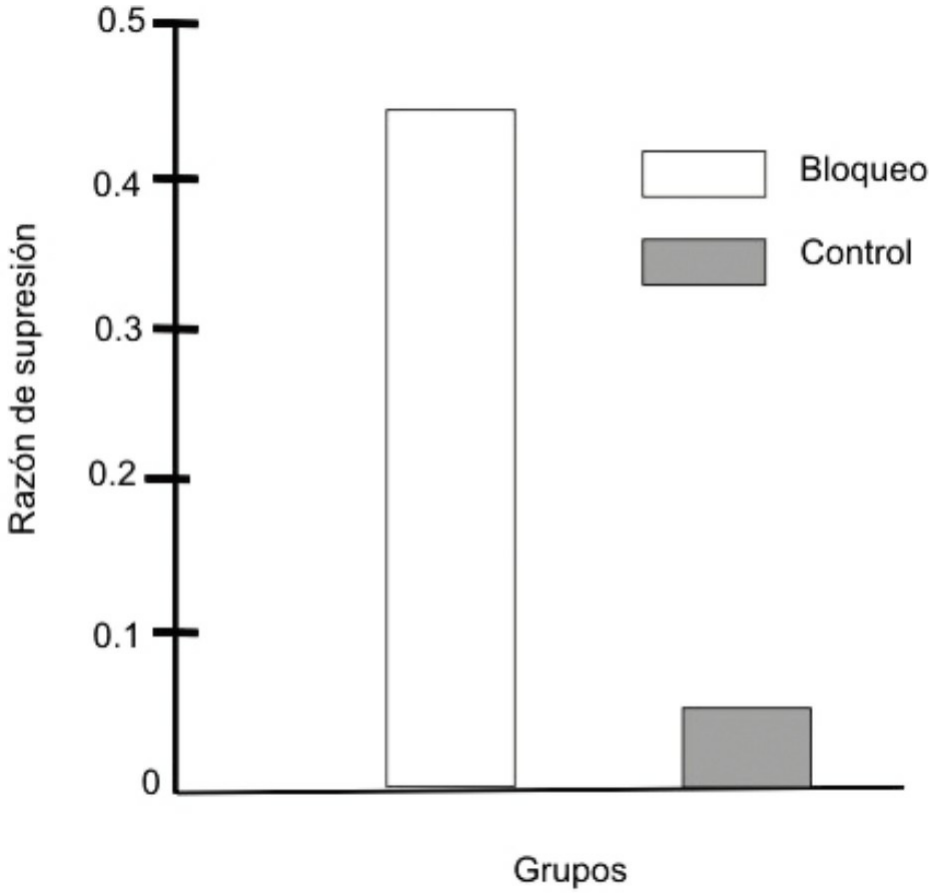


Figura 4.5. Razón de supresión media producida por la luz en la prueba de supresión condicionada. El grupo de bloqueo se condicionó menos a la luz que el grupo control (Según Kamin, 1969).

La explicación dada por Kamin a los resultados de su experimento está basada en la idea de *sorpresa*. El condicionamiento sólo se produce si el EI resulta sorpresivo para el sujeto. Como en la fase de estímulo compuesto las ratas pueden predecir la descarga basándose en el ruido (EC-1), la luz (EC-2) resulta un estímulo redundante y por eso no se condiciona. El ruido bloquea el condicionamiento de la luz.

Kamin realizó otro experimento que apoya esta interpretación (Kamin, 1969). En este experimento de *desbloqueo* se utilizó el procedimiento de supresión condicionada en

ratas. La lógica del experimento era la siguiente: si los mecanismos de aprendizaje se activan sólo cuando el EI es sorpresivo, entonces se producirá condicionamiento del estímulo añadido si se aumenta la intensidad del EI en la fase del condicionamiento del estímulo compuesto. El experimento constó de 3 fases (véase figura 4.6). Se utilizaron 3 grupos: 2 grupos de bloqueo (grupos 1 y 3) en los que se presentó un EI que no variaba de intensidad en las dos primeras fases y e1 grupo de desbloqueo (grupo 2) en el que se aumentó la intensidad del EI en la segunda fase. Los resultados mostraron que el grupo de desbloqueo (grupo 2) se condicionó a la luz porque en la segunda fase el EI era sorpresivo para las ratas (véase figura 4.7). Cuando se presentó la luz junto con el ruido, la luz señaló un aumento en la intensidad de la DE y por ello se condicionó. El aumento de la intensidad de la DE "desbloqueó" el condicionamiento a la luz. La luz predecía algo nuevo: el aumento de la DE. En cambio, los grupos de bloqueo no se condicionaron porque el EI no resultaba sorpresivo para las ratas en la segunda fase. Así pues, el aprendizaje ocurre cuando hay discrepancia entre lo esperado y lo que sucede.

Grupos / Fases	1-Bloqueo	2-Desbloqueo	3-Bloqueo
I. Condicionamiento previo	R→ DE	R→ DE	R→ **DE****
II. Condicionamiento compuesto	R-L→ DE	R-L→ **DE****	R-L → **DE****
III. Prueba	L	L	L

Figura 4.6. Diseño del experimento de desbloqueo de Kamin (1969). En los grupos 1 y 3 de bloqueo, la Luz que se añade al Ruido en la fase II resulta redundante porque el Ruido ya predice la Descarga. En cambio, en el grupo 2, la Luz que se añade al Ruido señala un aumento de la intensidad de la Descarga. R = ruido; L = luz; DE = descarga eléctrica; DE** = aumento de la intensidad de la descarga.

El efecto de bloqueo ocurre tanto en el condicionamiento excitatorio como en el inhibitorio y ha sido muy estudiado en una variedad de procedimientos experimentales, dando lugar a múltiples investigaciones tanto en animales como en humanos (Arcediano, Escobar y Matute, 2001). El fenómeno del bloqueo nos indica que los estímulos condicionados compiten por el procesamiento y que los organismos son sistemas que tienen una capacidad limitada. Los estímulos más informativos tienen prioridad sobre los menos informativos.

4.6. Novedad del EC y del EI

Cuando el EC o el EI son novedosos para el sujeto, el condicionamiento se produce con mayor rapidez. Por el contrario, cuando los dos estímulos son familiares, se retrasa el condicionamiento. La novedad mejora el condicionamiento y la familiaridad lo retrasa. Es decir, cuando el sujeto tiene experiencia previa con el EC o con el EI antes de iniciarse la fase de adquisición, luego se demora el condicionamiento de la respuesta. La capacidad de asociación de un EC o de un EI no es una propiedad fija, sino que puede ser modificada por la experiencia. Veremos a continuación el efecto de la exposición previa al EC, al EI y al EC-EI presentados de forma descorrelacionada.

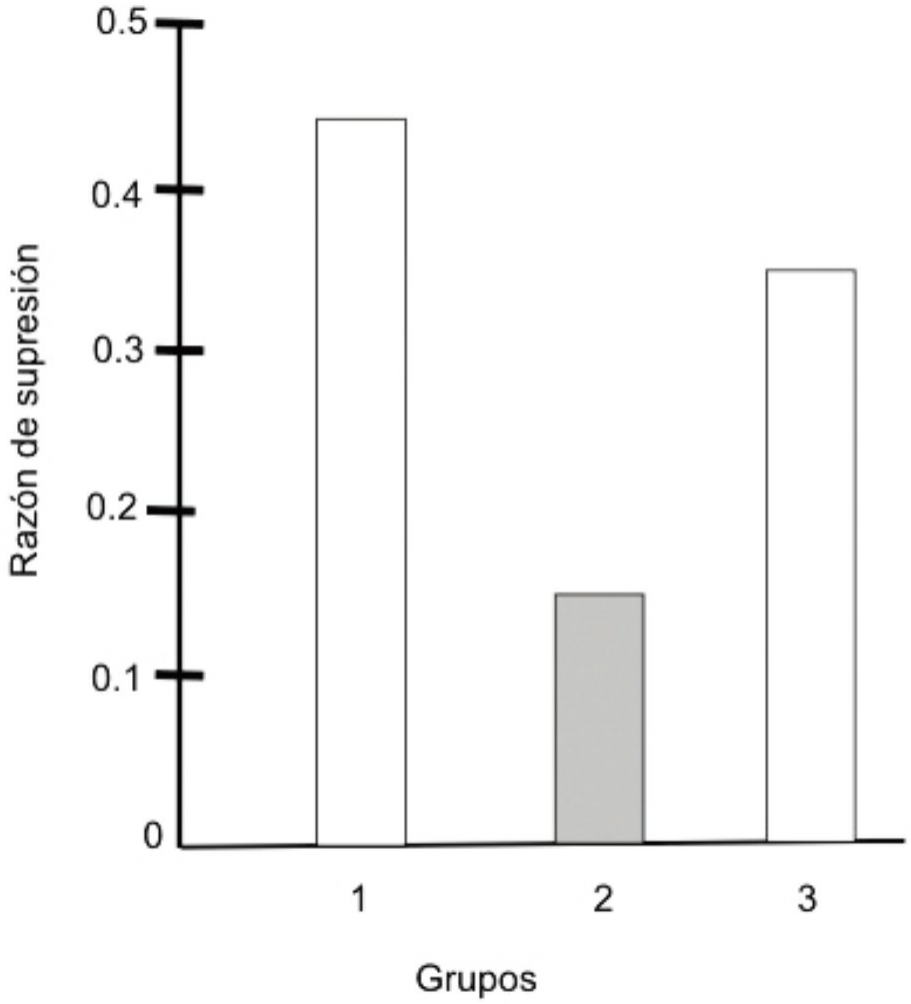


Figura 4.7. Razón de supresión media a la Luz producida en la prueba de supresión condicionada. La mayor razón de supresión indica un menor condicionamiento y viceversa. En este experimento el grupo de desbloqueo (grupo 2) se condicionó más que los otros dos grupos de bloqueo (1 y 3) (Según Kamin, 1969).

4.6.1. Efecto de la exposición previa al EC: inhibición latente

La inhibición latente es el retraso en el establecimiento de la asociación EC-EI como consecuencia de la presentación previa en solitario de un estímulo que será utilizado posteriormente como EC. Así, cuando el sujeto tiene experiencia previa con un estímulo neutro antes de iniciarse la fase de adquisición, luego, al emparejar este estímulo con cualquier EI, se retrasa el condicionamiento. Este *efecto de exposición previa al futuro EC* se denomina *inhibición latente* (Lubow, 1965). El procedimiento experimental que produce este efecto consta de dos fases: una fase de pre-exposición y otra de condicionamiento (véase figura 4.8). En la primera fase se presenta repetidamente un estímulo neutro en solitario, y en la segunda se presenta el mismo estímulo previamente expuesto seguido de un EI y se observa el curso del condicionamiento. El resultado de esta manipulación experimental es que el condicionamiento al EC se produce de forma más lenta comparado con el grupo control que no realiza la primera fase. Esto indica que en la fase de exposición previa tiene lugar un aprendizaje latente que se manifiesta de forma indirecta cuando se realiza la fase de condicionamiento.

El fenómeno de la inhibición latente se ha observado en un gran número de especies, de situaciones experimentales (aversión al sabor, automoldeamiento, etc.), y con un gran número de estímulos. El fenómeno ha sido propuesto como modelo de estudio de los procesos alterados en la esquizofrenia (Lubow y De la Casa, 2002).

Grupos / Fases	Experimental	Control
Pre- exposición	EC	---------
Condicionamiento	EC→EI	EC→EI

Figura 4.8. Diseño experimental típico de la inhibición latente.

El efecto de inhibición latente tiene implicaciones importantes en la vida real. Por ejemplo, en el caso del condicionamiento de aversión a los alimentos. Una persona que sufre un tratamiento de quimioterapia para tratar un cáncer, es más fácil que adquiera una aversión a un sabor nuevo o a una comida infrecuente que a una comida familiar. Igualmente, en el caso del condicionamiento del miedo, es más fácil adquirir un miedo a un estímulo novedoso asociado con un hecho traumático que a un estímulo familiar asociado con mismo estímulo.

A) Propiedades de la inhibición latente

La inhibición latente tiene una serie de propiedades. A saber: es específica del estímulo pre-expuesto, depende del número de exposiciones previas, de la duración del estímulo y del intervalo entre estímulos.

Lubow (1965) estudió el efecto del número de exposiciones previas sobre el condicionamiento posterior. En el experimento se utilizó la técnica de supresión condicionada y ratas como sujetos. En una primera fase, dos grupos de ratas fueron expuestos a una luz de forma intermitente. El grupo 1 fue expuesto 20 veces y el grupo 2 40 veces. El grupo control no recibió ningún entrenamiento con la luz en esta fase. En la fase de condicionamiento se presentó la secuencia EC→EI durante 80 ensayos a los tres grupos. El resultado fue que los grupos experimentales 1 y 2 tardaron más en condicionarse a la luz que el grupo control. A su vez, el grupo 1 tardó menos tiempo en condicionarse que el grupo 2 que había recibido más ensayos de exposición previa. Así pues, existe una relación directa entre el número de ensayos de exposición previa y la velocidad de condicionamiento posterior. Cuantas más veces se presente el futuro EC en solitario antes de ser emparejado con el EI, mayor retraso se producirá en el condicionamiento posterior. Así, la fuerza del EC al inicio del condicionamiento es una función inversa al número de exposiciones previas.

Una de las propiedades de la inhibición latente más estudiada ha sido la *dependencia del contexto*. El contexto hace referencia a los estímulos del entorno que están presentes en la caja experimental y que son relativamente constantes a lo largo de la sesión experimental o al contexto temporal. En la inhibición latente, las fases de exposición previa y de condicionamiento tienen normalmente lugar en el mismo contexto. Pero la inhibición latente puede estar afectada por los cambios de contexto entre las diferentes fases. Una exposición sólo al contexto (sin EC ni EI) puede implicar una disminución del efecto de inhibición latente si esta exposición se realiza entre las fases de exposición previa y de condicionamiento, pero no si se realiza antes de la fase de pre-exposición. Estos resultados han sido interpretados como el reflejo del establecimiento de una asociación entre el EC y el contexto en la fase de pre-exposición, asociación que se debilita como consecuencia de la exposición al contexto solo.

Seguramente alguno de los lectores ya habrá pensado que hay una similitud entre la habituación y la inhibición latente. Es correcto que desde el punto de vista operacional la inhibición latente y la habituación son parecidas. En ambos casos se presenta un estímulo en solitario de forma repetida. La diferencia estriba en la conducta que se evalúa. En la habituación se hace en términos de reducción de una RI y en la inhibición latente en términos de un retraso de la RC. Desde el punto de vista teórico, la habituación e inhibición latente surgen porque hay diferentes procesos implicados. Por ejemplo, los dos procesos tienen una dependencia del contexto diferente. En la habituación existe muy poca dependencia del contexto. Un estímulo habituado en un determinado contexto continuará produciendo un nivel de respuesta bajo en otro contexto nuevo. En cambio, en la inhibición latente no se produce el efecto de retraso si la fase de condicionamiento

se realiza en un contexto distinto al de la pre-exposición.

B) Mecanismos explicativos de la inhibición latente

Se han propuesto diferentes teorías para explicar este fenómeno. La primera explicación que dieron Lubow y Moore (1959) sobre la inhibición latente fue el de la respuesta competidora. Según ellos, en la fase de pre-exposición el EC se asocia con alguna respuesta que compite luego con la RC en la fase de adquisición, lo que retrasa su condicionamiento. Esta hipótesis explicativa no recibió el apoyo experimental suficiente y fue abandonada pronto por sus autores. Más tarde, y fruto de una serie de resultados experimentales que mostraban que la velocidad del condicionamiento posterior disminuía si se aumentaban los ensayos de pre-exposición, Lubow y cols. propusieron una explicación basada en la disminución de la atención al EC. Esta teoría se conoce con el nombre de teoría de la inatención condicionada (Lubow, Weiner y Schnur, 1981). Según estos autores hay una respuesta atencional que se desarrolla ante cualquier estímulo nuevo que se presenta en una situación determinada. Esta respuesta se mantiene durante un tiempo, pero la presentación repetida del estímulo sin ir seguido de ninguna consecuencia, provoca su desaparición y da lugar al condicionamiento de inatención. Luego, en la fase de condicionamiento, se presentan emparejados el EC con el EI y se ve dificultada la asociación de los dos estímulos por la ausencia de atención hacia el estímulo pre-expuesto. Ésta sería la razón por la que se retrasa tanto el condicionamiento excitatorio como inhibitorio.

Esta hipótesis ha recibido respaldo experimental de muchos trabajos que han estudiado los procesos atencionales implicados en el fenómeno de la inhibición latente mediante lesiones cerebrales, administración de drogas o una combinación de ambos (Schmajuk, 2000). Como el hipocampo es una estructura cerebral implicada en los procesos atencionales y juega un papel relevante en el condicionamiento clásico, las lesiones del hipocampo parecen anular los efectos producidos por la pre-exposición al EC. Se ha demostrado que la inhibición latente no ocurre en la esquizofrenia aguda y que se reinstaura mediante la administración de drogas psicotrópicas. Estos datos se han interpretado como indicadores del papel de la atención en la inhibición latente.

Una segunda teoría explicativa de la inhibición latente es la inhibición condicionada ¿Se puede decir que la interferencia o retraso en el aprendizaje derivado de la pre-exposición al EC se debe a una inhibición condicionada? Los resultados experimentales descartan esta segunda hipótesis. Es cierto que tanto en la inhibición latente como en la inhibición condicionada se presenta repetidamente el EC en solitario, sin ir seguido del EI. Sin embargo, en la inhibición condicionada el EC- señala la ausencia del EI en un contexto en el que se espera que ocurra el EI y en la inhibición latente el EC no señala nada en la fase de pre-exposición. Por esta razón, en la inhibición latente el EC no adquiere el carácter inhibitorio ni ocurre la inhibición condicionada.

Una segunda forma de saber si el EC pre-expuesto es un estímulo inhibidor es si

pasa la prueba de sumación. Cuando se realiza la prueba de sumación y se presenta el EC pre-expuesto junto con otro EC excitatorio, la RC no se ve alterada. El EC pre-expuesto no inhibe la respuesta condicionada. Esto quiere decir que el EC pre-expuesto no ha adquirido el carácter inhibitorio. Probablemente el retraso en el condicionamiento se deba a que el sujeto muestre menos atención al estímulo pre-expuesto.

Una tercera razón es que la pre-exposición a un estímulo no sólo interfiere en el establecimiento del condicionamiento excitatorio, sino también del inhibitorio.

Estos resultados demuestran que la inhibición latente y la inhibición condicionada son dos fenómenos que no tienen ninguna relación entre sí. El EC pre-expuesto no es un estímulo inhibidor condicionado. Por todo ello, sería más acertado hablar de efecto de habituación al EC que de efecto de inhibición latente.

Por otra parte, hay otra serie de modelos que explican la inhibición latente como un efecto del condicionamiento al contexto. Por ejemplo, Wagner (1978) propone la hipótesis del procesamiento variable del EC y del EI. Parte de la idea de que cuando un suceso es novedoso es más probable que se procese y se represente en la memoria que un estímulo familiar. El procesamiento de un estímulo dependerá de si está o no representado en la memoria a corto plazo. Si un estímulo se ha presentado de forma repetida es de esperar que esté representado en la memoria, por lo que sería menos repasado. Wagner sostiene que el futuro EC queda condicionado a las claves contextuales del aparato en la fase de pre-exposición. Estas claves del contexto actúan como señal del EC pre-expuesto por lo que el EC deja de ser novedoso y sorpresivo al ser presentado seguido del EI en la fase de condicionamiento. Cuando en la fase de condicionamiento se presenta el EI ya existe una representación del estímulo a condicionar (EC) en la memoria por lo que el EC y el EI se procesan de forma independiente, retrasándose la asociación EC-EI.

Posteriormente Wagner propuso el modelo SOP para explicar el efecto de la inhibición latente. Como este modelo se ha utilizado para explicar también otros fenómenos, se tratará de forma conjunta en el próximo capítulo.

Hay muchos datos experimentales que avalan la dependencia del contexto en el fenómeno de la inhibición latente (Gray, Willians, Fernández, Ruddle, Good y Snowden, 2001). Si las claves contextuales se convierten en la señal del EC en la fase de condicionamiento y eso es lo que ocasiona el retraso en la adquisición de la asociación EC-EI, sería posible hacer desaparecer dicho retraso si se extingue el condicionamiento al contexto. Cuando se ha puesto a prueba esta hipótesis, los resultados han sido contradictorios. Hay estudios que indican que la realización de fases de extinción al contexto interpuestas entre la fase de pre-exposición y la de condicionamiento revierten los efectos de la inhibición latente, y otros que no encuentran ningún efecto derivado de la extinción al contexto.

Bouton (1993) propone un modelo explicativo de la inhibición latente que considera que el contexto permitiría hacer menos ambiguo el significado del EC en el momento de la prueba, pudiendo éste evocar a la vez la ausencia del EI (asociación EC-nada, en el momento de la fase de pre-exposición) y la presencia del EI (asociación EC-EI en la fase

de condicionamiento). El contexto controlaría la expresión de la asociación EC-nada, al ser independiente del contexto la asociación excitadora EC-EI.

4.6.2. Efecto de la exposición previa al EI

Cuando el sujeto tiene experiencia previa con el EI antes de iniciarse la fase de adquisición, luego, al emparejarlo con cualquier EC, se produce un retraso en la adquisición del condicionamiento de la respuesta (véase figura 4.9). La pre-exposición repetida del EI produce una habituación al estímulo, lo que le hace perder fuerza motivacional para luego hacer funciones de reforzador.

Tomie (1981) realizó un experimento para averiguar el efecto de la pre-exposición no señalada del EI. En esta investigación utilizó la técnica del automoldeamiento y a palomas como sujetos. En la primera fase, llamada de pre-exposición, las palomas recibían comida con un intervalo variable de 30 segundos (programa de tiempo variable 30 s) y el grupo control no recibió nada de comida. En la segunda fase, llamada de condicionamiento, las palomas recibieron el entrenamiento de presentación de un disco rojo seguido de la comida. El resultado fue que el grupo pre-expuesto tardó más en condicionarse que el grupo control.

Se ha observado que este retraso en el condicionamiento se produce con cualquier tipo de EI, sea este apetitivo o aversivo. Al igual que sucede en la inhibición latente, el número de pre-exposiciones al EI influye en el nivel de retraso del condicionamiento. Cuanto mayor sea la duración del entrenamiento en la fase de pre-exposición, mayor será el retraso del condicionamiento posterior.

Grupos / Fases	Experimental	Control
Pre-exposición	EI	---------
Condicionamiento	EC→EI	EC→EI

Figura 4.9. Diseño experimental típico del efecto de la exposición previa al EI.

4.6.3. Efecto de la exposición previa al EC y al EI: irrelevancia aprendida

La *exposición previa al EC y al EI* de forma aleatoria retrasa el condicionamiento posterior del EC (véase figura 4.10). Por ejemplo, si se expone a unas ratas a un tono y una descarga de forma descorrelacionada, luego se retrasa la adquisición de la asociación

tono-descarga y, por tanto, la aparición de la RC. Este efecto de interferencia se denomina *irrelevancia aprendida* y ha sido comprobado en muchas especies animales y con preparaciones experimentales muy diversas. La interferencia en el aprendizaje es mayor que la causada por los efectos de la exposición previa al EC o al EI (véase Bonardi y Ong, 2003).

La primera explicación dada por Mackintosh (1973) dentro de la teoría general de la atención fue que los animales aprendían en la fase de pre-exposición que el EC era un estímulo *irrelevante* como predictor del EI y, por tanto, se retrasaba el condicionamiento posterior cuando se emparejaban el EC y el EI. Si esto es así, se tendría que producir retraso en el condicionamiento tanto excitatorio como inhibitorio. Baker y Mackintosh (1977) demostraron que la pre-exposición a un tono y a agua de forma descorrelacionada producía más interferencia que la exposición sólo al tono y sólo al agua. Además, el tono era capaz de hacer tanto de estímulo excitatorio como de inhibitorio.

Otro intento de explicar la irrelevancia aprendida ha sido el acudir a mecanismos simples de aprendizaje. Como la inhibición latente y el efecto de pre-exposición al EI pueden explicarse en términos de condicionamiento al contexto, la irrelevancia aprendida podría explicarse también por los efectos de pre-exposición al EC y al EI de forma independiente. Aunque es razonablemente atractiva esta explicación en términos de asociaciones suceso-contexto, los experimentos diseñados para evaluar esta propuesta no han aportado una explicación coherente.

En la actualidad se considera que la irrelevancia aprendida no es la suma de los efectos de pre-exposición del EC y del EI por separado. Una de las estrategias que se ha utilizado para poner a prueba esta cuestión ha sido señalar el EC y el EI en la fase de pre-exposición. La técnica consiste en presentar, por ejemplo, un tono o una luz breve antes de la presentación de cada estímulo. El resultado de utilizar esta estrategia de señalización ha sido que se reduce tanto la inhibición latente como el efecto de pre-exposición al EI, pero no la irrelevancia aprendida, lo que indica que la interferencia de la irrelevancia aprendida es más que la suma de los efectos de pre-exposición al EC y al EI por separado.

Grupos / Fases	Experimental	Control
Pre-exposición	EC // EI	---------
Condicionamiento	EC→EI	EC→EI

Figura 4.10. Diseño experimental típico del efecto de la exposición previa al EC y al EI de forma descorrelacionada.

Una tercera propuesta alternativa a las anteriores ha sido la explicación cognitiva (Gallistel, 1990). Esta explicación incluye dos procesos. El primer proceso implica que los animales aprenden en la fase de pre-exposición que hay una *descorrelación entre el EC y EI* o correlación cero, es decir, que ambos estímulos son independientes. El segundo proceso es el de la *irrelevancia aprendida*: el EC es irrelevante para predecir el EI. Luego, en la fase de condicionamiento, cuando se presenta el EC seguido del EI, la expectativa de que el EC es irrelevante para predecir al EI interfiere en el aprendizaje de que el EC está ahora correlacionado con el EI. Así pues, el efecto de irrelevancia es consecuencia de una interferencia proactiva debido a una correlación negativa entre los sucesos.

4.7. Semejanza entre el EC y el EI

La semejanza entre los estímulos es una variable que afecta al condicionamiento. Si los estímulos que se presentan son de la misma dimensión, el condicionamiento se produce de forma más rápida. Por ejemplo, si se asocia un tono débil con otro fuerte, un color azul con uno rojo, un sabor con malestar gástrico, etc., el condicionamiento se consigue más fácilmente que si se asocia una luz con un tono fuerte, un color con una descarga eléctrica o un sabor con un tono fuerte. Esto explicaría por qué en el condicionamiento de aversión al sabor en ratas se asocian con rapidez un sabor con la náusea y no un sabor con una descarga eléctrica.

4.8. Relevancia EC-EI

La relevancia ecológica o pertinencia entre el EC y el EI es otra variable que influye en el condicionamiento. Se refiere a que ciertos EC se asocian con mayor facilidad con determinados EI que otros. Este efecto de relevancia ecológica se puede apreciar sobre todo en la aversión condicionada al sabor.

García y Koelling (1966) realizaron un experimento sobre aversión condicionada al sabor en el que presentaron un estímulo compuesto de sabor, luz y sonido seguido de malestar gástrico inducido por rayos-X o cloruro de litio (véase figura 4.11). En la fase de prueba, a la mitad de los sujetos de cada grupo se les presentó el agua con sabor a sacarina. A la otra mitad se les presentó el estímulo audiovisual con el agua sin sabor. Cuando el animal bebía se activaba un clic y se encendía una luz. Se midió el grado de aversión al sabor y al estímulo audiovisual inferido a partir de la supresión del lameteo. La magnitud de la respuesta fue la cantidad de agua ingerida. Los resultados aparecen en la figura 4.12. Como se puede apreciar, las ratas que sufrieron malestar gástrico se condicionaron al sabor, pero no a la luz y al sonido. Por el contrario, las ratas que recibieron la descarga eléctrica se condicionaron a la luz y al sonido, pero no al sabor. El experimento demostró que las asociaciones que se establecían entre los estímulos no eran

arbitrarias, sino que tenían un significado biológico.

Grupos / Fases	1	2
Condicionamiento	EC →EI (Náusea)	EC →EI (DE)
Prueba	EC gustativo EC visual	EC gustativo EC visual

Figura 4.11. Diseño experimental del experimento de García y Koelling (1966).

Cuando los sujetos son palomas, la relevancia de los estímulos es distinta. Si el EI es la comida, se asocian con más facilidad las señales visuales que las señales auditivas. Cuando el EI es la descarga, las señales auditivas son más efectivas que las visuales. Esto se debe a que en las palomas las señales visuales son relevantes para la conducta de alimentación y las auditivas para la conducta de defensa. Las palomas en su medio natural detectan la comida por las características visuales más que por las auditivas. En cambio, asocian mejor los estímulos auditivos con la descarga porque en su medio natural las señales de aviso de peligro son auditivas.

El efecto de relevancia entre el EC y el EI es interpretado por algunos autores como una predisposición genética para realizar asociaciones selectivas entre ciertos EC y EI o como especializaciones adaptativas del aprendizaje. Según Seligman (1971), las ratas están preparadas biológicamente para asociar un sabor con malestar gástrico y contra-preparadas para asociar una luz o un sonido con malestar gástrico. Es decir, hay una disposición biológica adaptativa en el aprendizaje que facilita determinadas asociaciones frente a otras. Por ejemplo, las ratas son animales nocturnos que disponen de un sentido del olfato y del gusto muy desarrollados porque son importantes para su supervivencia. Dada su actividad nocturna, seleccionan los alimentos por el olfato y el gusto más que por la vista. Por eso aprenden con mucha facilidad y mucha rapidez a evitar aquellos sabores o comidas que les han producido malestar gástrico.

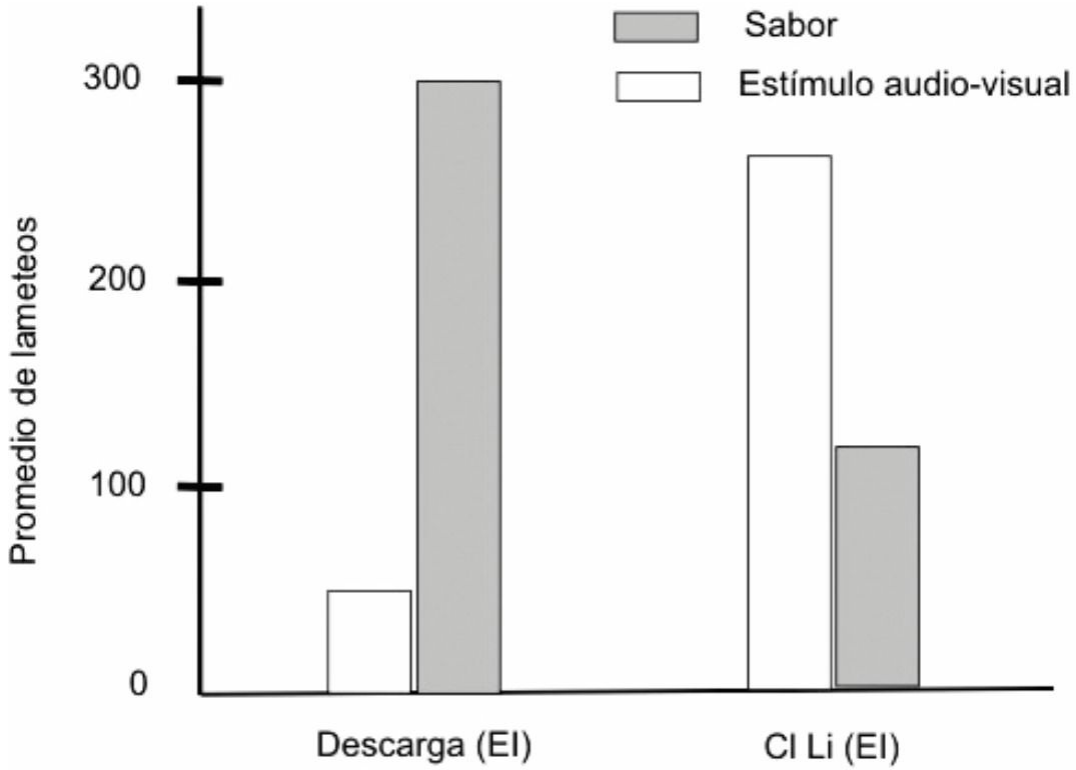


Figura 4.12. Media de lameteos por minuto. El grupo de ratas que en la fase de condicionamiento recibieron una descarga eléctrica como EI, se condicionaron al estímulo audiovisual, pero no al sabor. Por el contrario, las ratas condicionadas con una sensación de malestar (ClLi) adquirieron una mayor aversión al sabor que al estímulo audiovisual (Según García y Koelling, 1966).

Mineka y colaboradores (Mineka, Davidson, Cook y Keir, 1984) han realizado estudios sobre la adquisición de miedos en monos Rhesus y han demostrado que estos animales aprenden con facilidad a tener miedo a las serpientes vivas o de trapo observando las reacciones de miedo de sus congéneres adultos, pero no a las flores.

Algo similar ocurre en el caso de los humanos. Los estudios de Öhman y colaboradores (Öhman y Soares, 1994) han mostrado que los humanos se condicionan con facilidad a tener miedo a objetos potencialmente fóbicos como la imagen de una serpiente o una araña y, sin embargo, tienen mucha dificultad en aprender a tener miedo a objetos potencialmente no fóbicos como una seta.

4.9. Intensidad EI

La intensidad del EI es una variable muy importante en el condicionamiento. Cuanto más intenso sea el EI, más rápido se producirá el condicionamiento y mayor será la fuerza de la RC (Morris y Bouton, 2006). Ahora bien, la intensidad del EI tiene unos límites. Si el EI es demasiado fuerte puede provocar reacciones excesivamente intensas que dificulten

la producción de la RC. Los EI que se utilizan son estímulos biológicamente relevantes para el organismo y están relacionados con necesidades básicas como el hambre, la sed, evitación de estímulos nocivos, etc. Así, cuanto mayor sea la intensidad del EI, mayor fuerza biológica tendrá para el organismo y más importante será desde el punto de vista adaptativo el aprender a predecirlo.

El EI recibe también el nombre de *reforzador* porque su ocurrencia aumenta la fuerza de la RC. Desde esta perspectiva, el condicionamiento clásico requiere EI fuertes y relevantes que provoquen respuestas reflejas fuertes.

4.10. Tipo de EI

El tipo de EI que se utilice influye en la forma de la RC. Jenkins y Moore (1973) condicionaron a unas palomas utilizando el procedimiento de automoldeamiento. A uno de los grupos se presentó un disco iluminado seguido de comida y a otro el mismo disco iluminado seguido de agua. Los resultados mostraron que todas las palomas aprendieron a picotear el disco iluminado, pero la forma de picotear al disco era distinta según los grupos. Mientras que el grupo que había recibido la comida daba fuertes picotazos al disco con el pico cerrado como si estuviera comiendo grano, el grupo que había recibido el agua daba unos picotazos al disco más lentos con el pico abierto, lo mismo que cuando beben las palomas. El EC relacionado con la comida provoca picotazos relacionados con la comida y el EC relacionado con el agua provoca picotazos relacionados con la bebida. Datos similares se han obtenido con ratas.

4.11. Intervalo entre ensayos

La frecuencia con la que ocurre un hecho en un determinado contexto, a lo largo de un período de tiempo prolongado, también es una variable que influye en el condicionamiento. El organismo debe integrar las sucesivas ocurrencias de ese hecho a lo largo del tiempo. Recordemos que en las preparaciones experimentales más comunes del condicionamiento clásico se presentan emparejados el EC y el EI de forma repetida a intervalos más o menos regulares. Estos intervalos entre ensayos (IEEn) van a tener un efecto muy potente sobre el condicionamiento al EC. Aunque en los procedimientos experimentales el intervalo entre estímulos (IEEs) empleado sea el óptimo, si el IEEn es excesivamente corto o largo, no se produce el condicionamiento. El condicionamiento depende, pues, de la interacción del IEEs y el IEEn. Por ejemplo, se ha observado con la técnica del automoldeamiento que aun que se mantenga el IEEs óptimo, si se modifica el IEEn, se varía el grado de condicionamiento. Kaplan (1984) realizó un experimento de automoldeamiento con palomas en el que demostró que cuando se mantenía el mismo IEEs en todos los grupos (12 s), pero se variaba el IEEn en cada uno de ellos (12, 15, 30, 60 10 ó 240 s), el condicionamiento sólo se producía en los grupos que tenían un

IEEn mayor de 60 s. Así pues, la efectividad de un determinado emparejamiento EC-EI para modificar la conducta del sujeto está determinada por el contexto temporal global en el que tiene lugar la relación.

4.12. Aplicaciones del CC

El condicionamiento clásico juega un papel importante en muchas conductas humanas tanto normales como patológicas. El origen y tratamiento de bastantes trastornos psicológicos tienen que ver con esta forma de condicionamiento (véase O'Donohue, 1998).

Algunos de sus principios (la adquisición de una respuesta, la extinción, la recuperación espontánea de la respuesta o la importancia del contexto, etc.) son fundamentales para entender el funcionamiento de algunos trastornos psicológicos y para basar las técnicas de intervención empleadas en la terapia de conducta. Desde principios del siglo XX se trataron de extrapolar los principios del aprendizaje observados en el laboratorio a la explicación y al tratamiento de los problemas clínicos. Un ejemplo de ello se puede encontrar en el intento de Watson y Rayner de demostrar que el miedo de los niños se podía aprender mediante condicionamiento clásico. Unos años después Jones señaló que el miedo a un animal aprendido por un niño podía ser eliminado emparejando el estímulo temido con un estímulo apetitivo. En los años cincuenta Wolpe también trató de contra-condicionar las respuestas de ansiedad emparejando la relajación con los estímulos que suscitaban ansiedad. La técnica de *desensibilización sistemática* fue ideada para tratar los trastornos de ansiedad y está basada en los principios del condicionamiento clásico. La técnica consiste en relajar a la persona y luego presentarle objetos o situaciones que le producen miedo, primero de forma imaginaria y después de forma real. Previamente a la intervención terapéutica, se establece una jerarquía de situaciones de miedo y luego se expone al sujeto a las mismas, comenzando por aquellas que generan menos miedo.

A partir de la década de los setenta la entrada de la corriente cognitiva en psicología hizo reevaluar la importancia del condicionamiento. En los estudios con humanos se dio importancia al impacto de los procesos simbólicos y proposicionales en el condicionamiento clásico.

En la actualidad, el condicionamiento clásico es uno de los paradigmas fundamentales empleados en neurociencia cognitiva.

Para dar una perspectiva de cómo el condicionamiento clásico ha sido utilizado para explicar alguno de los trastornos psicológicos se va a tratar el problema de la adquisición de miedos. Éste es un tema complejo, de mucha importancia en psicología clínica, y que ha dado lugar a una amplia investigación en los últimos años.

4.12.1. La adquisición de miedos

Las primeras explicaciones sobre la adquisición de miedos y ansiedad se deben a Watson y Rayner (1920), quienes consideraban que se producían mediante condicionamiento clásico. El caso del niño Albert, que aprendió a tener miedo a una rata, sirvió para demostrar esa posibilidad. Se consideraba que era necesaria la experiencia traumática condicionada para desarrollar un miedo o una fobia (miedo irracional). La presentación de un estímulo neutro emparejado con un estímulo traumático o aversivo (EI) hace que el primer estímulo (EC) prediga el hecho traumático y suscite la respuesta condicionada de miedo (RC). El niño Albert aprendió a tener miedo a la rata porque asoció la rata con un ruido intenso. Esta explicación se ha mantenido durante mucho tiempo y ha sido apoyada por datos experimentales clínicos. Sin embargo, hay muchos otros datos empíricos que la cuestionan. En la actualidad se considera que se trata de una explicación simplista e inadecuada para dar cuenta de toda la complejidad de la adquisición de miedos y ansiedad (Mineka y Oehlberg, 2008; Mineka y Öhman, 2002a).

Hay muchos resultados experimentales que no se pueden explicar si no se tiene una visión más amplia de estos fenómenos. La teoría del aprendizaje actual considera que en la adquisición de miedos intervienen más factores que la simple contigüidad entre sucesos. También intervienen factores cognitivos, de personalidad, de vulnerabilidad individual, la relevancia EC-EI, etc. Entre los factores que hay que tener en cuenta en la adquisición de miedos se pueden citar:

1. Hay muchos datos experimentales que apuntan que la adquisición de miedos depende no sólo de la exposición repetida al EC y al EI en contigüidad temporal, sino también de una serie de variables experimentales que ocurren antes, durante y después del entrenamiento.
2. No es necesario tener una experiencia traumática directa para adquirir un miedo como supone la explicación basada en el condicionamiento clásico. Hay una literatura amplia que demuestra el papel que juega el aprendizaje social u observacional en la adquisición de miedos, tanto en animales como en humanos. Una persona puede adquirir un miedo observando solamente el comportamiento de miedo de otro o recibiendo información acerca de un hecho traumático ocurrido.
3. Hay diferencias individuales en la adquisición de miedos. No todo el mundo que sufre las mismas condiciones de aprendizaje aprende de la misma manera. Mientras hay personas que presentan miedos sin haber tenido una experiencia traumática en sus vidas, otras, en cambio, no presentan ningún miedo. Una persona puede tener miedo a subir en el ascensor a pesar de no haberse quedado nunca encerrado en él, mientras que otra puede no tener ningún miedo después de haberse quedado atrapada varias veces en el mismo. Posiblemente haya factores de vulnerabilidad personal interna que predisponen a sufrir los miedos y trastornos de ansiedad. Hay factores biológicos y variables de personalidad que influyen en la adquisición de miedos (nivel general de neuroticismo, rasgo de ansiedad, etc.).

4. Hay que tener en cuenta también el papel que juegan las cogniciones en la adquisición de miedos: creencias irracionales, creencias acerca de la contingencia adquirida y de la amenaza del EC, prejuicios cognitivos, asociaciones selectivas, sobre-generalización, etc.
5. Hay miedos que se adquieren sin haber tenido ninguna experiencia, como el miedo a las alturas.

A) El papel del condicionamiento observacional en la adquisición de miedos

Mineka y colaboradores (Cook y Mineka, 1989; Mineka y Öhman, 2002a) han realizado una amplia investigación sobre el papel que juega el aprendizaje observacional en la adquisición de miedos y ansiedad. Los autores han utilizado en estos trabajos monos Rhesus jóvenes criados en el laboratorio e ingenuos experimentalmente. El procedimiento típico del aprendizaje observacional utilizado en dichas investigaciones tenía dos fases. En la primera fase de exposición al modelo, las crías de mono observaban a monos adultos criados en el medio salvaje, manifestar miedo a serpientes vivas o de trapo (en vivo o en un vídeo). Luego, en la fase de prueba se les exponía a los monos jóvenes a las serpientes vivas o de trapo y se medía la respuesta de miedo. Los resultados experimentales mostraron que los monos jóvenes adquirían miedo a las serpientes cuando observaban a los individuos adultos manifestar miedo a las mismas. Sin embargo, no adquirían miedo a las serpientes cuando observan a los adultos no manifestar miedo a las mismas (Cook y Mineka, 1989).

B) Variables experimentales que afectan a la adquisición de miedo

Una de las insatisfacciones del modelo de condicionamiento clásico tradicional es que no explica las diferencias individuales a la hora de adquirir miedos. Hay individuos que adquieren un miedo moderado que se extingue fácilmente, otros desarrollan miedos y fobias que son muy persistentes y otros no desarrollan ningún miedo. ¿A qué se deben tantas diferencias? Hay una serie de variables experimentales que ocurren antes, durante y después de la experiencia traumática o de la observación de los modelos que pueden afectar al nivel de miedo experimentado y a la intensidad de la respuesta condicionada de miedo. Entre estas variables se incluyen el nivel general de neuroticismo o rasgo de ansiedad del individuo, la existencia de creencias acerca de la contingencia adquirida y amenaza del EC, el grado de exposición previa del EC, el nivel de miedo experimentado durante la exposición al suceso aversivo, la reevaluación posterior del EI, nueva información acerca del EI, etc.

Mineka, Gunnar y Champoux (1986) demostraron cómo la *experiencia previa de control* y dominio de sucesos apetitivos reducía el miedo que experimentaban después los sujetos ante situaciones nuevas de temor. En este trabajo utilizaron monos distribuidos en

dos grupos. Los monos del grupo controlable tenían acceso en sus cajas a unos "manipulanda" que accionaban y obtenían con ello comida, agua y recompensas especiales. Los monos del otro grupo incontrolable acoplado estaban alojados en cajas similares pero no tenían ningún control sobre la obtención de los recursos. Es decir, recibían las mismas cosas que el grupo anterior y en el mismo momento, pero no tenían ningún control sobre las mismas. Podían accionar sus "manipulanda" pero no obtenían nada por ello. Cuando las crías tuvieron 7-10 meses de edad, los dos grupos fueron expuestos a distintos objetos y situaciones que provocaban miedo. El resultado fue que el grupo controlable se habituó más rápidamente a los juguetes monstruosos que provocaban miedo, mostraron más entusiasmo por entrar en la situación de miedo y la conducta exploratoria fue más amplia que las del grupo incontrolable.

Mineka y Cook (1986) observaron que la exposición previa a un modelo "valiente" que no manifestaba miedo a las serpientes, inmunizaba contra los efectos de una exposición posterior a otro modelo que sí mostraba miedo a las serpientes. Es decir, cuando se aprende que una situación es segura, luego es más difícil que se aprenda a tener miedo a esa situación. Así, la identificación de un hijo con un padre valiente en una situación potencial de miedo, probablemente inmunizará contra la adquisición de miedo a esa situación u objeto.

Igualmente, algunas variables que están presentes *durante* el condicionamiento de miedo pueden influir en las diferencias observadas en las personas. Una de ellas es la *intensidad de la experiencia traumática o EI*, el nivel de miedo y pánico experimentado durante el suceso traumático. Los EI intensos tienen mayor fuerza biológica que los EI débiles. Los EI fuertes aumentan la fuerza de la respuesta condicionada de miedo y producen un aprendizaje más rápido.

También la cantidad de *exposición previa al EC* experimentada por el sujeto influye en el resultado del aprendizaje de miedo (Davey, 1988). El efecto de inhibición latente retrasa la adquisición de la respuesta por la exposición previa del EC. De la misma manera, las variables que ocurren *después* del aprendizaje también influyen en el mantenimiento de los miedos. Por ejemplo, el alcance posterior de la reevaluación del EI, la experiencia posterior sólo con el EI, la nueva información acerca del EI, etc.

C) Asociaciones selectivas en el condicionamiento del miedo

Existen influencias cognitivas que juegan un papel importante en la adquisición de miedos (Cook y Mineka, 1990; Mineka y Oehlberg, 2008; Mineka y Öhman, 2002a). Una de ellas es el procesamiento selectivo de la información de miedo o amenaza que influye tanto en la adquisición como en el mantenimiento del miedo. Existe una predisposición filogenética para adquirir miedos a cierto tipo de objetos relevantes de miedo y no a objetos irrelevantes de miedo.

Una observación común entre los humanos es que los miedos y las fobias no se distribuyen al azar. Hay mucha más gente que tiene miedo a las serpientes, arañas, agua,

alturas, etc., que a los enchufes eléctricos, los cables eléctricos o las bicicletas, a pesar de que estos últimos han sido relacionados muchas más veces con alguna experiencia traumática.

Hay un efecto de relevancia en la adquisición de miedos. No todos los estímulos presentes durante las experiencias de aprendizaje asociativo tienen la misma probabilidad de asociarse y de producir miedo o fobia. Existe una disposición biológica para adquirir miedos a determinados objetos o situaciones con mucha facilidad y también una disposición para adquirir miedos con mucha dificultad. Seligman (1971) explicaba este efecto de relevancia causal diciendo que la historia evolutiva de las especies ha dotado a los individuos de ciertas predisposiciones adaptativas. Una de estas es la de adquirir miedos con mucha facilidad ante determinadas situaciones de amenaza o peligro real. Los organismos están preparados biológicamente para asociar determinados estímulos con peligro y contra-preparados para realizar asociaciones de otros estímulos con peligro.

Los experimentos realizados por Mineka y cols. sobre aprendizaje observacional en monos clarifican la cuestión de las asociaciones selectivas o de los miedos preparados y no preparados. Cook y Mineka (1989) realizaron dos experimentos para estudiar el aprendizaje observacional de miedo en monos ante estímulos relevantes o irrelevantes de miedo. En el primer experimento, un grupo de monos ingenuos experimentalmente (grupo A) observaba un vídeo en el que aparecían unos monos modelo reaccionando con miedo a estímulos relevantes de miedo (serpientes de juguete) en unos ensayos y a estímulos irrelevantes de miedo (flores artificiales coloreadas y brillantes) en otros ensayos. Un segundo grupo de monos (grupo B) observaba un vídeo en el que aparecía un mono modelo manifestando miedo a las flores en unos ensayos y no reaccionando con miedo a las serpientes en otros. Los resultados mostraron que la mayoría de los sujetos del grupo A manifestaban miedo a las serpientes, pero no a las flores. Por el contrario, la mayoría de los sujetos del grupo B no manifestaba miedo ni a las flores ni a las serpientes.

En un segundo experimento, un grupo de monos (grupo A) observaba a un mono modelo manifestar miedo a las flores en un vídeo. Un segundo grupo (grupo B) observaba a un mono modelo reaccionar con miedo a unas serpientes de juguete. En la fase de prueba al grupo A se le presentaban las flores y al grupo B las serpientes. El resultado fue que la mayoría de los sujetos del grupo A no adquirieron miedo a las flores y los sujetos del grupo B sí adquirieron miedo a las serpientes.

Öhman y cols. (Öhman, Mineka, 2001; Öhman y Soares, 1993) han realizado una serie de experimentos con humanos sobre la existencia de asociaciones selectivas en la adquisición de miedos y han encontrado resultados similares a los hallados en animales. En uno de estos experimentos (Öhman y Soares, 1993), se presentaron estímulos potencialmente fóbicos (serpientes y arañas) y estímulos neutrales (setas y flores) seguidos de descargas eléctricas moderadas en una serie de ensayos. Luego, en la fase de extinción, presentaron el EC por debajo del umbral durante 30 ms, seguido de una máscara, y midieron la RC de conductancia de la piel. El resultado fue que la RC de conductancia se extinguió antes ante los estímulos neutrales que ante los estímulos

potencialmente fóbicos. El condicionamiento de conductancia fue mayor ante los estímulos relevantes de miedo que ante los neutrales.

Öhman y Soares (1994) realizaron una investigación en la que expusieron a unos sujetos fóbicos y no fóbicos a imágenes de contenido potencialmente fóbico (serpientes y arañas) y neutro (setas y flores). Las imágenes fueron presentadas bajo un procedimiento de enmascaramiento hacia atrás que impedía su procesamiento consciente (similar al del estudio de 1993), y de forma visible. Se midió la respuesta de conductancia de la piel. Los resultados mostraron que los sujetos fóbicos manifestaron una activación automática de la respuesta de conductancia de la piel mayor ante las diapositivas objeto de su fobia que ante las diapositivas neutras, tanto cuando éstas se presentaron de forma consciente como cuando se presentaron enmascaradas. Sin embargo, los sujetos no fóbicos no mostraron respuestas de conductancia de la piel a ninguno de los estímulos subliminales, es decir, no respondieron diferencialmente a las distintas diapositivas. Los autores concluyeron que la activación del sistema de alerta ante las señales de amenaza enmascaradas no depende necesariamente de su carácter perceptivo.

Junto a estas asociaciones selectivas hay que añadir otra característica importante de la adquisición de miedos y fobias: la *sobre-generalización*. Hay una tendencia a generalizar en exceso el número de objetos y situaciones que suponen una amenaza.

Así pues, hay que contemplar en el aprendizaje de miedos y fobias algunas restricciones evolutivas como son las asociaciones selectivas, sobre-generalización, etc.

D) Adquisición del miedo de forma no asociativa

Existen algunos miedos que pueden aparecer sin que haya habido ninguna experiencia de aprendizaje asociativo u observacional, como el miedo a las alturas de los niños (Menzies y Clark, 1993). Para que un animal manifieste miedo de forma automática sólo se necesita que pase por los procesos madurativos normales y tenga un bagaje de experiencias normal. Por ejemplo, el miedo a los objetos en movimiento de los polluelos parece variar dependiendo del nivel de iluminación que tuvieron cuando estaban en el huevo. De la misma forma, el miedo a las alturas que tienen los niños parece requerir sólo un período breve de locomoción para que surja.

Hay ciertos miedos innatos, relevantes desde el punto de vista evolutivo, que manifiestan la mayoría de los individuos de una especie en los primeros encuentros con los estímulos biológicamente relevantes. Estos miedos podrían deberse a procesos no asociativos, es decir, a una sensibilización selectiva más a que asociaciones selectivas. Parece que existe una predisposición innata y universal a desarrollar los miedos más comunes. Según Menzies y Clark (1993), los objetos, situaciones o actividades temidos han supuesto un peligro a lo largo del tiempo para las especies. El miedo y la evitación de estos objetos y situaciones resultó una ventaja adaptativa para nuestros ancestros con lo que aumentó su capacidad de supervivencia. Estos miedos, por tanto, estarían parcialmente bajo control genético.

Así pues, frente a las posiciones que consideran que los miedos se aprenden, hay una posición biologicista que explica que ciertos miedos y ciertas fobias se adquieren de forma no asociativa (Poulton y Menzies, 2002).

Sin embargo, hay resultados experimentales que ponen en cuestión algunas de las propuestas no asociativas de adquisición de miedos (Cook y Mineka, 1989; 1990). En estos experimentos, los monos que observaban en un vídeo a monos modelo reaccionar con miedo a las flores y no a las serpientes, no adquirían miedo ni a las flores ni a las serpientes cuando eran expuestos a estos estímulos. Ésta era una oportunidad para adquirir sensibilización selectiva a las serpientes, y sin embargo, no ocurrió así. Los monos aprendían selectivamente a tener miedo a las serpientes cuando veían a un modelo reaccionar con miedo a las serpientes pero no a las flores.

Observamos, pues, que hay datos experimentales que demuestran la ocurrencia de los miedos de una forma no asociativa mediante sensibilización selectiva, y también muchos otros que indican que los miedos se adquieren fundamentalmente mediante procesos asociativos. La adquisición de miedos de forma no asociativa no explica muchos resultados experimentales encontrados en la literatura que señalan que los miedos se adquieren mediante procesos asociativos.

E) El módulo de miedo

Mineka y cols. (véase Mineka y Oehlberg, 2008) consideran que los miedos se pueden provocar de modo automático o sin mediación consciente, cuando las amenazas potenciales en el ambiente son vitales para la supervivencia del organismo. Los mecanismos implicados en el procesamiento automático serían pre-atencionales. Las respuestas de miedo sólo se podrían suscitar pre-atencionalmente cuando los estímulos se asocien con sucesos aversivos relevantes. Estos estímulos deben de haber transmitido información de peligro a lo largo de la evolución de la especie (por ejemplo, imágenes de serpientes, arañas, etc.). Los miedos también se pueden suscitar con la mediación consciente de la relación de contingencia entre la señal (EC) y el estímulo aversivo (EI).

Öhman y Mineka (2001) proponen la existencia de un *módulo de miedo* encargado de suscitar el miedo y de aprenderlo. El módulo tendría cuatro características principales. En primer lugar, el módulo se activa preferentemente ante estímulos relacionados con amenazas a la supervivencia en la historia evolutiva de la especie. Por esta razón, los estímulos relevantes de miedo dan lugar a un mayor condicionamiento que los estímulos irrelevantes de miedo. En segundo lugar, el módulo se activa automáticamente ante los estímulos relevantes de miedo, lo que significa que la activación del miedo ocurre antes del análisis cognitivo consciente de los estímulos. En tercer lugar, el módulo de miedo es relativamente impenetrable al control cognitivo consciente. Por esta razón, puede existir un condicionamiento de miedo con estímulos relevantes e incluso con EC presentados de forma subliminal. En cuarto lugar, la amígdala parece ser la estructura nerviosa cerebral encargada del módulo de miedo.

Mineka y Öhman consideran que hay dos niveles de aprendizaje en el condicionamiento de miedo en humanos. Uno a nivel no asociativo, como se evidencia por las respuestas emocionales automáticas mediado por la amígdala, y otro a nivel cognitivo de aprendizaje de las contingencias, mediado por el hipocampo en sus formas más simples.

Cuando en los experimentos de condicionamiento de miedo están implicados estímulos fóbicos que activan el módulo del miedo, el aprendizaje ocurre en ambos niveles de forma simultánea, pero independiente. Por el contrario, cuando sólo implica estímulos no fóbicos, el condicionamiento únicamente ocurre a nivel cognitivo, en ausencia de contenido emocional. Esto no quiere decir que los estímulos fóbicos sean necesarios para que se active el sistema básico de condicionamiento del miedo. Hay otras variables que pueden tener un efecto similar como la intensidad del EI, el intervalo entre estímulos o el tipo de procedimiento de condicionamiento (demorado o de huella), etc. En la vida normal de la gente están implicados los dos niveles de condicionamiento de miedo, el emocional y el cognitivo.

A modo de conclusión sobre la adquisición de miedos, podemos decir que el miedo es una respuesta emocional normal que tienen los organismos para hacer frente a las amenazas de su entorno. Es una característica que aparece pronto en la vida de los humanos. Algunos miedos, como el miedo a la oscuridad, a los ruidos fuertes, etc. suelen ser transitorios y desaparecen en la niñez. El miedo motiva a los organismos a escapar o evitar las fuentes de peligro y las amenazas con mucha rapidez. La evolución ha hecho que ciertos objetos o situaciones sean fuentes innatas de miedo y ha dispuesto mecanismos de escape rápidos. A la vez, muchos organismos son capaces de aprender a tener miedo a objetos inicialmente neutrales y a objetos o situaciones que son señalizadas como peligrosas mediante condicionamiento clásico y aprendizaje observacional. Es más fácil adquirir miedos a objetos y situaciones que supusieron amenazas para la supervivencia de nuestros antepasados (alturas, predadores, espacios abiertos y amplios, etc.), que a objetos potencialmente peligrosos construidos por el hombre actual y que se usan a diario (ascensores, motos, enchufes, etc.), a pesar de que sea menos probable relacionarlos con un peligro real. Mineka y Öhman consideran que hay dos niveles de condicionamiento de miedo en humanos: un nivel emocional y otro cognitivo, siendo el nivel emocional relativamente independiente del nivel cognitivo.

4.13. Resumen

La capacidad de asociación entre el EC y el EI depende de varios factores. Uno de los más importantes es el *intervalo entre estímulos*. Hay intervalos temporales entre EC-EI que facilitan el condicionamiento e intervalos que lo dificultan. No hay un intervalo idóneo para todos los sistemas de respuesta ni para todas las especies, sino que cada sistema de respuesta y cada especie tiene un intervalo ideal o *intervalo óptimo* que produce el máximo de condicionamiento y unos intervalos superiores e inferiores en los

que no es posible conseguir el condicionamiento. Otra variable importante en el establecimiento del condicionamiento es la frecuencia con la que ocurre un hecho en un determinado contexto, a lo largo de un período de tiempo prolongado. El organismo debe integrar las sucesivas ocurrencias de ese hecho a lo largo del tiempo. El intervalo entre ensayos debe ser mayor que el intervalo entre estímulos.

El condicionamiento está relacionado con la intensidad del EC. Cuanto más intenso sea un EC, más fácilmente se producirá el condicionamiento. La duración del EC también influye en el condicionamiento. De forma general, los estímulos cortos producen una RC mayor que los largos.

El condicionamiento se basa en el grado de correlación que hay entre el EC y el EI y no tanto del número de veces que aparecen juntos los dos estímulos, por lo que el valor informativo o predictivo del EC es el factor clave del condicionamiento clásico. Para que tenga lugar el condicionamiento, el EC tiene que proporcionar información acerca del EI, tiene que predecir la ocurrencia o no del EI. El fenómeno del bloqueo pone en cuestión la ley de la contigüidad. Cuando se presenta un estímulo compuesto AB seguido de un EI y uno de los elementos del compuesto (A) ya predice la aparición del EI, el segundo elemento (B) no se condiciona. Cuando un estímulo ya predice una consecuencia, cualquier estímulo añadido resulta redundante y no se condiciona. De la misma forma, cuando se presenta un estímu lo compuesto AB seguido de un EI, y uno de los elementos del compuesto es más relevante que el otro, el elemento más relevante se condiciona más y ensombrece el condicionamiento del menos relevante.

Cuando el EC o el EI son novedosos para el sujeto, el condicionamiento se produce con mayor rapidez. Por el contrario, cuando los dos estímulos son familiares, se retrasa el condicionamiento. Esto es lo que ocurre en los fenómenos de la exposición previa al EC (inhibición latente), la exposición previa al EI o a la exposición previa al EC y al EI de forma descorrelacionada (irrelevancia aprendida).

La relevancia entre el EC y el EI es otra variable que influye en el condicionamiento. Esta variable se refiere a que ciertos EC se asocian con mayor facilidad con determinados EI. Este efecto se puede apreciar sobre todo en la aversión condicionada al sabor en las ratas y en los humanos.

El condicionamiento clásico juega un papel importante en muchas conductas humanas tanto normales como patológicas. El origen y tratamiento de muchos trastornos psicológicos tienen que ver con esta forma de condicionamiento. Algunos de sus principios (la adquisición de una respuesta, la extinción, la recuperación espontánea de la respuesta o la importancia del contexto, etc.), son fundamentales para entender el funcionamiento de algunos trastornos psicológicos y son la base de determinadas técnicas de intervención empleadas en la terapia de conducta.

La teoría del aprendizaje actual considera que en la adquisición de miedos intervienen más factores que la simple contigüidad entre sucesos. Hay factores asociativos de condicionamiento clásico, factores no asociativos y factores de relevancia causal. También juega un papel importante el aprendizaje social y los factores cognitivos, de personalidad, de vulnerabilidad individual, la relevancia EC-EI, etc.

5
Aspectos teóricos del condicionamiento clásico

En este capítulo se va a tratar la naturaleza de las asociaciones entre los estímulos. Se va a responder a preguntas como ¿qué es lo que se aprende?, ¿cuáles son los mecanismos que determinan que las asociaciones aprendidas se transformen en actuación?, o ¿qué factores determinan la naturaleza de la RC? La segunda parte se dedicará a exponer las teorías más representativas del condicionamiento clásico. Se estudiarán cuáles son los mecanismos implicados en el establecimiento de las asociaciones. La tercera parte está dedicada a tratar el tema de las bases neurobiológicas del condicionamiento.

5.1. Representaciones de las asociaciones

¿Qué es lo que se aprende en el condicionamiento? ¿Cuál es la naturaleza de la RC? Como resultado del emparejamiento repetido del EC y del EI pueden ocurrir dos tipos de asociaciones: una asociación estímulo-respuesta (E-R) o una asociación estímulo-estímulo (E-E). En el primer caso se podría desarrollar una asociación EC-R de manera que siempre que se presente el EC activará al centro de la respuesta del EI. Esto llevaría a provocar una respuesta parecida a la suscitada por el EI. En el segundo caso se podría desarrollar una asociación entre las representaciones del EC y del EI de forma que cuando se presente el EC excitará las respresentaciones del EI y esto a su vez provocará la respuesta.

Existen datos experimentales que apoyan la idea de que los sujetos aprenden una asociación directa entre el EC y la RC (Holland y Rescorla, 1975) y también muchos otros que apoyan la idea de que se aprende una asociación E-E (Cleland y Davey, 1982; Rescorla, 1982b). Frente a estas explicaciones de la naturaleza de la respuesta, se han propuesto otras alternativas como, por ejemplo, el modelo de la respuesta compensatoria (Siegel, 2001).

5.1.1. El modelo de sustitución de estímulos: aprendizaje E-R

El modelo tradicional del condicionamiento clásico (Pavlov, 1927) consideraba que el EC actuaba como sustituto del EI para provocar la RC y que las RI y RC eran idénticas,

aunque ambas pudieran variar en algunos parámetros.

Pavlov observaba que en el condicionamiento salivar la repuesta suscitada por el EI y por el EC era la misma, la salivación. Por tanto, la RC y la RI son la misma respuesta. ¿Cómo explicar que la RC suscitada por el EC es la misma que la suscitada por el EI? Pavlov consideraba que en el condicionamiento se establecían nuevas conexiones nerviosas funcionales entre los centros nerviosos del EC y del EI. Así, tras el emparejamiento repetido de los dos estímulos, la presentación del EC activaba los centros nerviosos responsables del procesamiento del EC y, a su vez, los centros nerviosos responsables del procesamiento del EI. La activación de los centros nerviosos del EI daba lugar a la activación del centro responsable de la RI, dada la conexión innata directa que hay entre ambos centros (véase figura 5.1). Ésta es la razón por la cual la respuesta suscitada por el EC es la misma que la suscitada por el EI (RC es de la misma naturaleza que la RI).

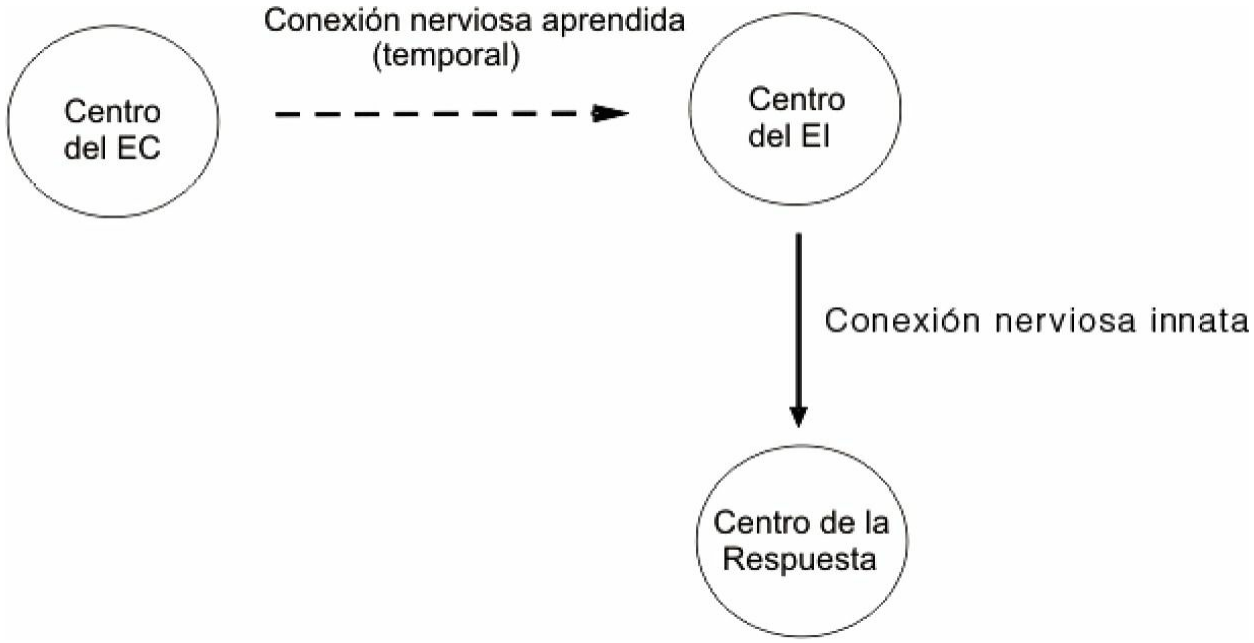


Figura 5.1. Modelo de sustitución de estímulos de Pavlov. El EC suscita la RC activando los centros nerviosos de la respuesta a través de la conexión funcional establecida con los centros nerviosos del EI.

Para el modelo tradicional, en el condicionamiento se establecía una *asociación E-R* entre el EC y la RI. El EC activaba directamente el centro nervioso de la respuesta. El EC provocaba la misma respuesta que el EI ya que al emparejar el EC con el EI se transfería la capacidad de suscitar la respuesta del EI al EC. De esta forma, el EC se convertía en sustituto del EI y provocaba una reacción idéntica a la suscitada por el EI.

Hay datos abundantes que apoyan esta explicación y también datos que se oponen. Entre los datos que la apoyan está el hecho de que la RC es idéntica a la RI. Si el EC adquiere la capacidad de activar directamente el centro de la respuesta, entonces la

conducta suscitada por el EC deberá ser la misma que la suscitada por el EI. Y así sucede en la mayoría de las ocasiones: la RC y la RI son la misma.

Sin embargo, no siempre es así. Ya se señaló anteriormente que el EI es un factor determinante de la RC. Jenkins y Moore (1973) observaron con la técnica de automoldeamiento en palomas, que cuando se empleaba comida como EI, las palomas picoteaban el disco iluminado con el pico abierto en el momento del contacto, lo mismo que hacían al picotear los granos de comida de la tolva. En cambio, cuando se empleaba agua como EI, picoteaban el disco con el pico cerrado, como lo hacían para beber. Es decir, cada EI suscitaba una RC diferente. Y esto es lo que sucede la mayoría de las veces. Un mismo EC emparejado con distintos EI suscita RC distintas. Así, un tono emparejado con la comida suscita salivación, aparejado con un soplo de aire provoca el parpadeo y aparejado con malestar gástrico produce aversión al sabor.

Aunque el modelo fue aceptado, ha recibido una serie de críticas porque no es capaz de explicar determinados fenómenos. Es el caso del precondicionamiento sensorial en el que se produce una asociación entre dos estímulos neutros. Tampoco puede explicar el que algunas veces la RC es distinta a la RI. En estos casos no resulta aceptable el argumento de que la presentación del EC activa del centro de la respuesta y suscita la RC. En la actualidad se sabe que los mecanismos nerviosos implicados en el condicionamiento son mucho más complejos que los que propone la teoría de la sustitución de estímulos.

5.1.2. Modelo de asociación estímulo-estímulo: aprendizaje E-E

Según este modelo, durante el condicionamiento se establece una asociación entre las representaciones del EC y del EI. De esta forma, cuando se presenta el EC se suscita la RC porque se activa la representación del EI y no porque se haya establecido una asociación entre el EC y la RI. En el condicionamiento los animales aprenden asociaciones E-E.

Para estudiar el tipo de asociaciones que se establecen en el condicionamiento clásico se suele utilizar una metodología que consiste en modificar el valor del EI, bien disminuyéndolo (técnica de *devaluación del EI*), bien aumentándolo (técnica de *reevaluación del EI*).

En un experimento realizado por Rescorla (1973), se utilizó la técnica de *devaluación del EI* para poner a prueba este modelo. Se empleó el procedimiento de supresión condicionada en ratas (véase figura 5.2). En una primera fase de condicionamiento, se presentó a dos grupos de ratas una luz seguida de un ruido fuerte de claxon. En la segunda fase, se presentó repetidamente el ruido fuerte al grupo experimental para producir habituación al estímulo. Las ratas del grupo control permanecieron el mismo tiempo en la caja sin recibir ningún estímulo. En la fase de prueba (extinción) se presentó la luz y se midió el grado de condicionamiento. El resultado fue que el grupo experimental mostró menos condicionamiento a la luz que el

grupo control. En la figura 5.3 podemos observar que la razón de supresión del grupo experimental fue mayor que la del grupo control, lo que indica que la supresión de la respuesta de presión de palanca fue menor. Los resultados se explican a partir de la idea de representación del EI. Los dos grupos tenían una representación del EI distinta. Mientras que el grupo control tenía una representación del EI intensa adquirida en la fase de condicionamiento, el grupo experimental tenía una representación del EI debilitada por la presentación repetida del EI en solitario durante la fase de devaluación, por lo que la RC era más débil. Si se hubiera establecido una relación directa entre el EC y la RC, como propone el modelo E-R, se hubiera suscitado la RC por igual en los dos grupos. Sin embargo, lo que ocurre es una asociación entre el EC y la representación del EI. La presentación del EC activa la representación del EI y se suscita la RC. Como la representación del EI es débil en el grupo experimental, la RC tiene menos fuerza que en el grupo control.

Fases \ Grupos	Experimental	Control
I. Condicionamiento	L→ R	L→ R
I. Devaluación	R	----------
I. Prueba	L	L

Figura 5.2. Diseño del experimento de supresión condicionada de Rescorla (1973). L = luz; R = ruido fuerte.

Fases \ Grupos	Experimental	Control
I. Condicionamiento	L→ R	L→ R
I. Devaluación	R	----------
I. Prueba	L	L

Figura 5.3. Razón de supresión media ante la luz. En la gráfica de la izquierda se muestran los resultados de la fase de adquisición del condicionamiento. En la gráfica de la derecha se muestran los resultados de la fase de prueba o extinción. El grupo experimental (devaluado o de habituación) mostró mayor razón de supresión que el grupo control, lo que indica que la RC fue más débil en el grupo experimental que en el control (Según Rescorla, 1973).

En otro experimento realizado por Rescorla (1974) para poner de nuevo a prueba el modelo de aprendizaje E-E, se utilizó un procedimiento de supresión condicionada en ratas y la técnica de *reevaluación del EI*. En la fase de condicionamiento, 4 grupos (8 ratas / grupo) recibieron un tono seguido de una descarga eléctrica de 0,5 mA. En la fase de reevaluación cada grupo recibió una serie de descargas eléctricas en solitario con una intensidad de 0,0, 0,5, 1 y 3 mA respectivamente, con el objeto de modificar la memoria del EI. En la fase de extinción se presentó el tono y se midió la RC. Los resultados aparecen en la figura 5.4. Como se puede observar, cuanto mayor fue el aumento de la descarga en la fase de reevaluación, mayor fue la supresión de la respuesta ante el tono (menor razón de supresión, en la figura). Los dos grupos que recibieron reevaluación del EI (grupos de 1 y 3 mA) se condicionaron más que el grupo que no la recibió (0,5 mA). A su vez, el grupo que recibió 3 mA se condicionó más que el grupo que recibió 1 mA. Según el modelo E-E, los dos grupos que recibieron reevaluación del EI tenían una representación del EI más fuerte. Por eso, la presentación del EC en la fase de prueba activó la representación del EI más fuerte y se suscitó una RC mayor. Por el contrario, en el grupo que se mantuvo constante la intensidad de la descarga en las dos fases (grupo 0,5 mA), la RC fue más débil. Es necesario señalar que el grupo cuya intensidad de descarga fue de cero (grupo 0) obtuvo una mayor supresión de la respuesta que el grupo que recibió la exposición a la descarga original de 0,5 mA. Esta diferencia sugiere que la exposición repetida a la descarga puede llevar a la habituación del EI. Recordemos que esto fue lo que ocurrió en el experimento anterior (Rescorla, 1973) en el que la

presentación en solitario del ruido produjo la habituación al ruido y, como consecuencia, se modificó la RC.

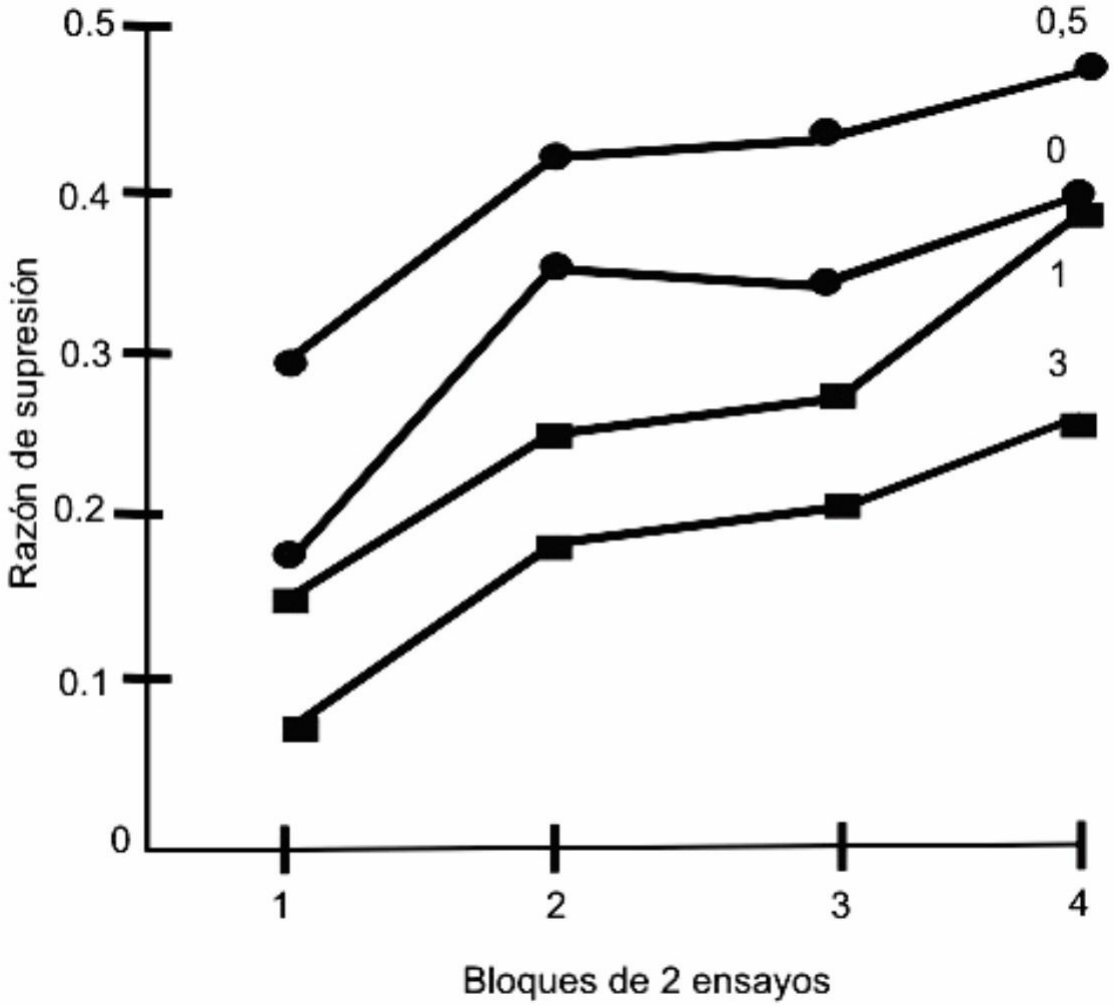


Figura 5.4. Razón de supresión media de los grupos ante el tono en la fase de prueba. Los tres grupos que recibieron descargas no señaladas en la fase de reevaluación (0,5, 1 y 3 mA) variaron su conducta en función de la intensidad del EI (Según Rescorla, 1974).

Este modelo es capaz de explicar el fenómeno del precondicionamiento sensorial. Como se recordará, en el precondicionamiento sensorial se presentan en contigüidad temporal dos estímulos neutros (EC-1 y EC-2). Luego, en la segunda fase, se presenta emparejado uno de los estímulos (EC-1) con el EI. En la fase de prueba se presenta sólo el segundo estímulo (EC-2) y se mide la RC. El resultado es que la presentación del segundo estímulo suscita la RC a pesar de no haber sido emparejado nunca con el EI. Esto indica que el EC-2 evoca la representación del EC-1 y ello suscita la RC.

Los resultados de Recorla (1973, 1974) sugieren que las asociaciones EC-EI forman parte de los contenidos del aprendizaje, como indica el hecho de que las

modificaciones en el valor del EI son capaces de modificar la RC. No obstante, se debe tener en cuenta que la devaluación no suele presentar un efecto completo, sugiriendo que parte de lo que el sujeto aprende en esta situación es una relación E-R entre el EC y la RC.

A pesar del poder explicativo de este modelo sobre fenómenos como el precondicionamiento sensorial, no explica los casos en los que la RC y la RI son distintas. El siguiente modelo trata de paliar precisamente estas deficiencias.

5.1.3. Condicionamiento de las respuestas compensatorias

El condicionamiento de las RC compensatorias trata de explicar el hecho de que a veces las RC y RI son distintas. La teoría del proceso oponente (Solomon y Corbit, 1974), que se expuso antes en el Capítulo 2, propone que la presentación de un EI provoca una reacción inicial y luego una reacción contraria. La reacción inicial (proceso primario) tiene un pico de actividad y luego se estabiliza. Dura mientras está presente el estímulo. La post-reacción (proceso secundario) se inicia un poco más tarde de presentarse el estímulo y se mantiene un tiempo después de desaparecer el mismo. Ambos procesos son de signo contrario y la respuesta observada es el resultado neto de la suma de los dos procesos. La presentación repetida del estímulo hace que el proceso primario se mantenga y el proceso secundario aumente, lo que explica el proceso de habituación.

Si se extrapola esta teoría del proceso oponente al fenómeno de las drogas psicoactivas podría también explicar la tolerancia y la abstinencia. La tolerancia hace referencia a la disminución progresiva del efecto de la droga por la administración repetida o la necesidad de aumentar la cantidad de droga para obtener el mismo efecto inicial. La abstinencia se refiere al síndrome que se produce en un sujeto adicto por la falta de droga. En el caso de las drogas psicoactivas, su consumo produce placer en un principio, pero cuando se termina el efecto surge la post-reacción de displacer. El consumo repetido de las drogas disminuye la reacción primaria y aumenta la reacción secundaria que se opone a la anterior. Por eso, el consumo repetido exige aumentar la dosis para obtener el mismo placer que al principio y así contrarrestar la acción del proceso oponente o post-reacción (Siegel, 2001).

Por ejemplo, cuando se inyecta por primera vez morfina a las ratas se produce un efecto analgésico fuerte, disminuyendo la sensibilidad al dolor. Ahora bien, si se administra la droga de forma repetida tiene como consecuencia una disminución progresiva de su efecto analgésico (Siegel, 1977). La explicación asociativa de la teoría del proceso oponente es que el EC puede llegar a asociarse con el proceso primario o con el proceso secundario. Si el EC se asocia con el proceso primario, se suscitará la reacción típica a la droga incluyendo la analgesia. La RI y la RC serían iguales. Ahora bien, si el EC se asocia con el proceso secundario, la RC sería de signo contrario a la RI y se opondría a sus efectos. En este caso, la tolerancia a la morfina se desarrollaría por la asociación del EC con el proceso secundario. Tras varias inyecciones de morfina, la RC

sería más fuerte y se opondría a los efectos analgésicos (RI) provocados por la morfina. En este caso, el efecto de la droga sería el resultado neto de los efectos primarios inducidos por la droga y los efectos secundarios compensatorios. Los síntomas de abstinencia serían suscitados por las mismas claves que producen la tolerancia: los estímulos compensatorios.

Los estímulos del contexto que están presentes mientras el sujeto se administra una droga tales como la hora del día, los instrumentos que se utilizan, los estímulos de la caja experimental, los estímulos presentes en la habitación donde se realiza el experimento, etc., se convierten en EC que pueden provocar reacciones fisiológicas contrarias a las producidas por la propia droga, dando lugar a las respuestas condicionadas compensatorias. Las RC compensatorias reducirían el impacto que produce la droga sobre el organismo compensando la acción de ésta y manteniendo el nivel homeostático del organismo. Este efecto de especificidad situacional de la tolerancia se ha demostrado con diversas drogas como la morfina, los opiáceos, la nicotina, el etanol, la cocaína, las benzodiasepinas y alcohol en humanos (Remington, Roberts y Glautier, 1997). Los efectos de la droga no sólo se condicionan a los estímulos exteroceptivos, sino también a los interoceptivos (Betancourt, Díaz, y Quezada, 2008).

¿Qué pasaría si el sujeto que consume la droga cambia de contexto? El efecto de la droga sería más fuerte al realizar el consumo en un contexto nuevo porque desaparece el efecto de las respuestas condicionadas compensatorias. Esta especificidad del contexto se demuestra en el efecto letal que tiene la sobredosis (Siegel, 2001).

Existe una amplia evidencia experimental sobre el papel tan importante que juega el condicionamiento clásico en las drogodependencias, tanto en la tolerancia como en el síndrome de abstinencia (véase Graña y Carrobles, 1991). La tolerancia a la droga se explica mediante el condicionamiento. Las respuestas compensatorias opuestas al efecto de la droga son las responsables de la tolerancia, donde entran en juego mecanismos de retroalimentación compensatorios para mantener la homeostasis fisiológica. El aprendizaje tiene un papel importante en el mantenimiento de la homeostasis ya que permite al organismo predecir perturbaciones y anticipar sus efectos.

Este modelo supone un acercamiento novedoso a la cuestión de la naturaleza de la respuesta, pero resulta inadecuado como explicación general de la forma de la RC. El modelo no explica el hecho de que la mayoría de las veces la RC y la RI son la misma.

5.1.4. Condicionamientos preparatorio y consumatorio

Los estímulos que se emplean como EI en el condicionamiento tienen atributos diferentes y producen reacciones también diferentes. Un EI puede dar lugar a respuestas preparatorias o consumatorias dependiendo de las características emocionales o sensoriales del mismo. Las respuestas preparatorias son actividades de búsqueda mientras que las consumatorias son respuestas de realización.

Las RC preparatorias son comunes para los EI del mismo signo motivacional.

Reflejan las *propiedades motivacionales y afectivas del EI*. Dependiendo del carácter motivacional del EI pueden acercar al sujeto hacia estímulos apetitivos o alejarlo de estímulos aversivos. Son expresiones de carácter emocional como, por ejemplo, agitación, excitación, acercamiento, supresión de una actividad, etc. El condicionamiento preparatorio depende de la asociación que se establezca entre el EC y los atributos motivacionales y reacciones emocionales del EI.

Las RC consumatorias son específicas de cada EI y dependen de su naturaleza, como por ejemplo, salivar, parpadear, picotear, etc. Las respuestas están provocadas por el contacto que tiene el sujeto con el EI. El condicionamiento consumatorio depende de la asociación que se establezca entre el EC y los *atributos sensoriales* específicos del EI.

Si tanto las respuestas preparatorias como las consumatorias que se producen ante un EC se pueden condicionar, puede ocurrir que a veces la RC y la RI sean la misma y otras que sean muy distintas. Si la respuesta suscitada por el EC que mide el experimentador es consumatoria, es muy probable que esta RC sea igual a la RI, pero si la respuesta que mide es preparatoria, la RC es probable que sea distinta de la RI.

La teoría del *desencadenamiento condicionado* desarrollada por Timberlake (1983) trata de explicar este hecho. Según esta teoría, la RC estaría determinada por la naturaleza del EI y del EC. Hay ciertos tipos de EC que son más efectivos que otros para suscitar determinados sistemas de conducta.

Los distintos sistemas de conducta han evolucionado para adaptarse a las condiciones del entorno donde viven los organismos. Un organismo realiza actividades como conseguir alimento, guarecerse, procrear, aparearse, defender su territorio, etc. Cuando ocurre algo relevante para él, activa el sistema de conducta adecuado a ese suceso. Por ejemplo, si aparece un predador ante una liebre, ésta activará el sistema de conducta de defensa. Probablemente realice respuestas como huir, camuflarse, agazaparse, enfrentarse, etc. Cuando un EC predice la aparición del EI, la presentación del EC suscita respuestas que corresponden al sistema de respuestas propio del EI. Así, los EC relacionados con una descarga eléctrica suscitarán respuestas relacionadas con el sistema de defensa.

La teoría relaciona las conductas específicas de la especie con los procesos de condicionamiento y considera que tanto la RI como la RC son patrones de conducta programados biológicamente que han estado sometidos a presiones selectivas durante la evolución de las especies. Ahora bien, la RI es una reacción ante el EI y la RC una reacción ante la señal del EI o EC. La RC está relacionada con la obtención o evitación del EI. Por lo tanto, pueden ser iguales o distintas. Por ejemplo, una descarga eléctrica (EI) pueda dar lugar a un salto del animal (RI). Sin embargo, la RC ante una señal de descarga puede ser la de quedarse inmóvil porque es la respuesta adaptativa más común en esta especie. Desde este punto de vista, la RC es fruto de la interacción entre los procesos conductuales innatos y condicionados. La forma de la RC está determinada tanto por la naturaleza del EC como del EI. Si la RI y la RC son iguales es porque las respuestas adaptativas son las mismas. Si son distintas es porque las adaptaciones son distintas.

5.2. Modelos asociativos del aprendizaje

Los modelos teóricos del aprendizaje pretenden explicar cómo se aprende o cuáles son los mecanismos implicados en este proceso (véase Rosas, 2002). El más tradicional de todos ellos es el modelo de Rescorla y Wagner (1972). Este modelo ofrece una descripción formal del condicionamiento y está dirigido a explicar el efecto del valor informativo en el aprendizaje. Ha dado lugar a múltiples investigaciones sobre condicionamiento clásico durante mucho tiempo y ha supuesto una referencia de los modelos posteriores que han ido modificándolo. Los modelos teóricos más modernos tratan de explicar el funcionamiento del condicionamiento desde perspectivas distintas y fueron formulados como alternativa para dar cuenta de las predicciones no explicadas por el modelo de Rescorla y Wagner y superar algunos de sus límites. Como alternativa, Mackintosh (1975a) y Pearce y Hall (1980) proponen modelos que enfatizan el papel de la atención en el aprendizaje y Wagner (1981) que sugiere un modelo de procesamiento de la información (SOP).

5.2.1. Modelo de Rescorla y Wagner

El modelo de Rescorla y Wagner (1972) parte de la idea de sorpresividad del EI. Un estímulo es sorpresivo cuando hay diferencia entre lo que el organismo espera y lo que de hecho ocurre. Las asociaciones sólo se dan cuando el EI es sorpresivo. Cuanto más sorpresivo es el EI, más fuerza asociativa adquiere el EC para predecir al EI. En el primer ensayo de condicionamiento, como no hay nada que prediga al EI, el EI es muy sorpresivo y se produce un aumento grande de la fuerza asociativa. Pero a medida que los ensayos se suceden, el EC va ganando habilidad para predecir el EI y éste va siendo menos sorpresivo. Cuando el EC llega a predecir completamente al EI, el aprendizaje alcanza su asíntota (véase figura 5.5). Es decir, los mecanismos asociativos sólo se activan si el EC va seguido de un EI sorpresivo. Cuando el EC predice totalmente al EI, se elimina la sorpresividad y, por tanto, se detiene el condicionamiento.

Otra de las ideas fundamentales es que el aprendizaje depende de todos los estímulos que están presentes en una situación. El condicionamiento es un proceso selectivo en el que algunos estímulos que preceden al EI quedan asociados con él. Por ejemplo, cuando se presenta un EC seguido de un EI, el EC tiene que competir con los estímulos del contexto y otros EC presentes en la situación de aprendizaje para asociarse con el EI.

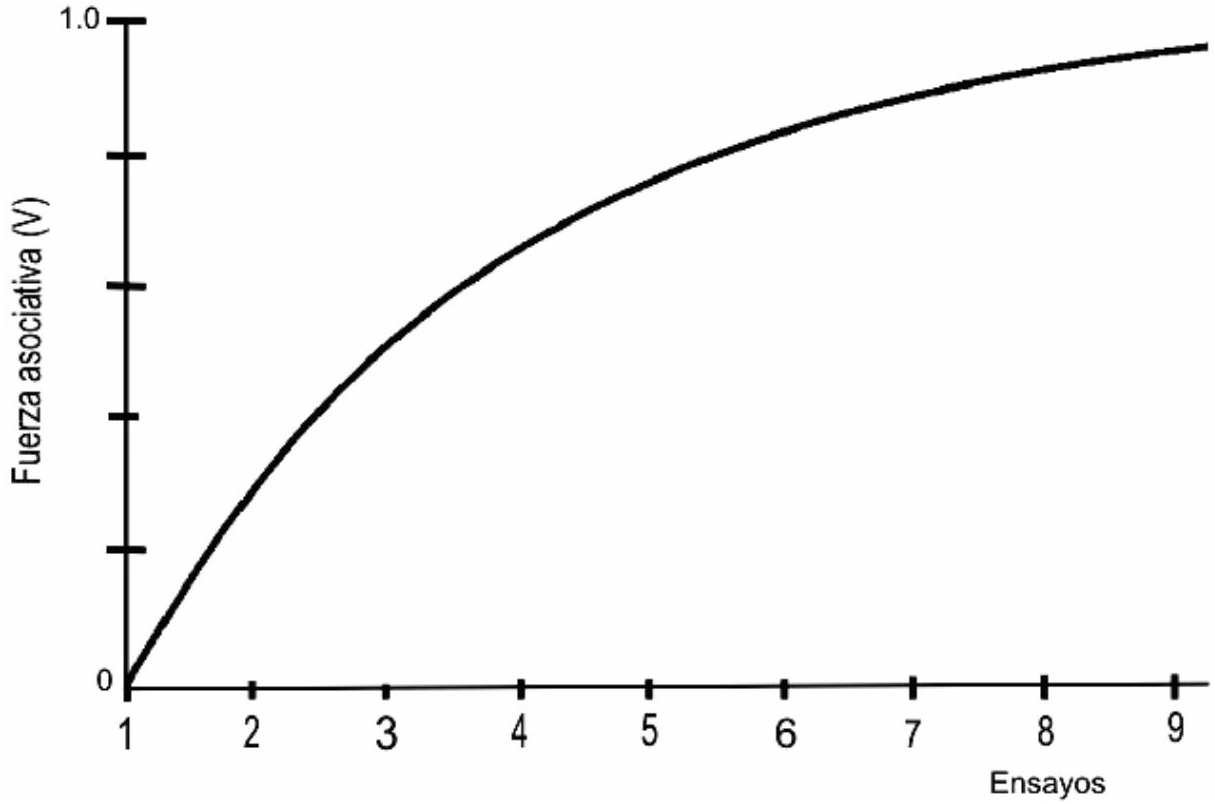


Figura 5.5. Curva ideal de aprendizaje donde se ve el aumento de la fuerza asociativa (V) ante el EC a lo largo de los ensayos de condicionamiento EC-EI. La fuerza asociativa aumenta progresivamente hasta llegar al nivel asintótico o valor máximo estable (λ), de acuerdo con el modelo de Rescorla y Wagner.

El modelo describe cómo cambia el valor de la fuerza asociativa del EC en cada ensayo a lo largo del condicionamiento (véase figura 5.6). La fuerza asociativa determina la magnitud de la RC. El modelo considera que el aprendizaje o fuerza asociativa aumenta en cada ensayo hasta alcanzar un valor máximo estable o *nivel asintótico*. Es el nivel máximo que el EI puede permitir. Pero el aumento de la fuerza asociativa no es constante en todos los ensayos, sino que va disminuyendo de forma progresiva hasta llegar al nivel asintótico en que ya no progresa. El aumento de la fuerza asociativa en cada ensayo depende de lo sorpresivo que sea el EI en ese ensayo. Como al principio del condicionamiento el EI es muy sorpresivo, la fuerza asociativa aumenta mucho y el salto es grande. Sin embargo, a medida que el EC predice más al EI en los siguientes ensayos, la fuerza asociativa aumenta menos y el salto es menor. El aprendizaje viene determinado por el nivel de procesamiento del EI. En este sentido, cuanto más sorpresivo sea el EI, mayor será su nivel de procesamiento, y por tanto, mayor será el aprendizaje.

El modelo básico de aprendizaje se representa en la siguiente ecuación:

$$\Delta V_{An} = \alpha \beta (l - V_{An-1}) \qquad [5.1]$$

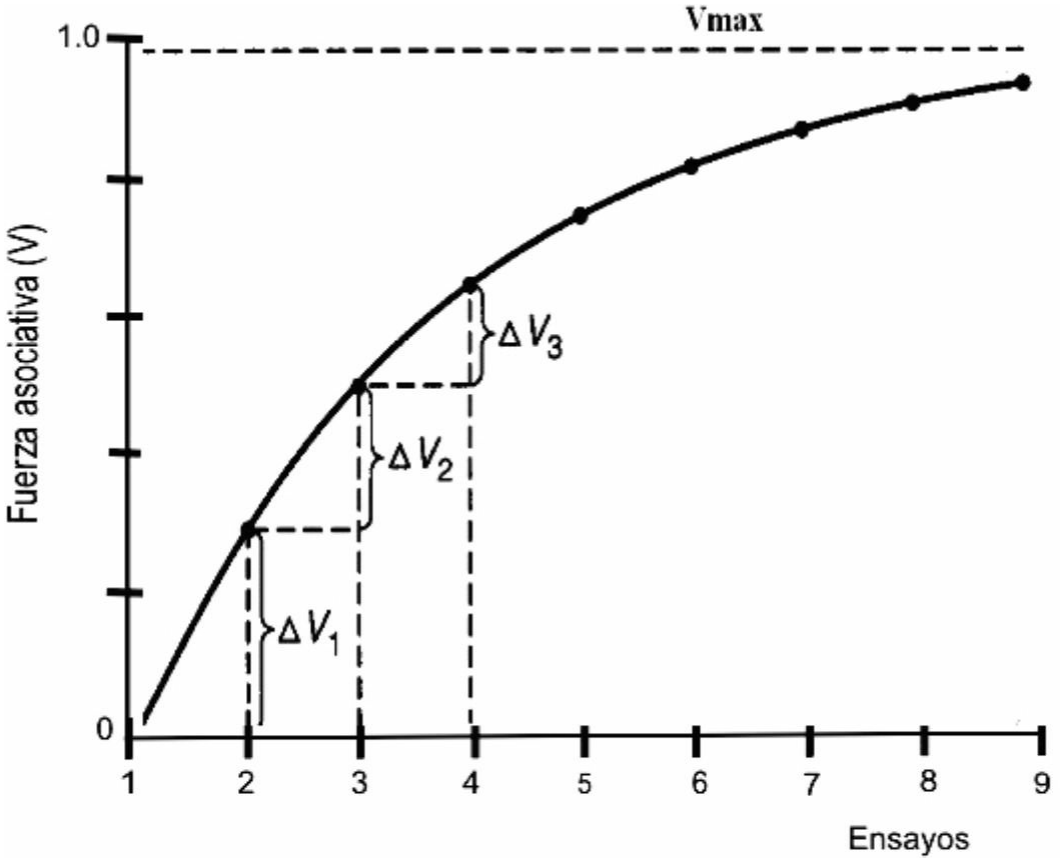


Figura 5.6. Curva ideal de aprendizaje donde se muestra el aumento de la fuerza asociativa (ΔV) del EC en cada ensayo de condicionamiento y el valor asintótico de la fuerza asociativa ($V_{máxima}$ o λ), según el modelo de Rescorla y Wagner. El aumento de la fuerza asociativa es mayor en los primeros ensayos que en los últimos.

El símbolo Δ (delta) significa aumento o cambio. El símbolo V representa la fuerza asociativa o el valor predictivo de un estímulo. El término V_{An} representa la fuerza asociativa del estímulo "A" en el ensayo "n". Como la velocidad de condicionamiento depende de la intensidad del EC y del EI y unos estímulos son más relevantes que otros, el modelo incluye este factor representado en la *constante* αβ. El término a (alfa) representa la relevancia del EC. Determina la velocidad de condicionamiento debido al EC o velocidad para conseguir el valor asintótico de la respuesta. Cuanto mayor es su valor, más aumenta la fuerza asociativa en cada ensayo y, por tanto, más rápido se produce el condicionamiento. Su valor está entre 0 y 1. El símbolo β (beta) refleja la relevancia del EI. Determina la velocidad de condicionamiento debida al EI. Su valor está entre 0 y 1. El modelo considera que la intensidad del EC y del EI no varía en el condicionamiento, por lo que los valores de a y b son fijos en todos los ensayos. La constante αβ multiplica en cada ensayo el factor de la cantidad de sorpresa (λ – V).

El símbolo λ (lambda) representa la máxima fuerza que puede adquirir la asociación EC-EI y está determinada por la magnitud del EI. Es el máximo nivel que puede alcanzar la curva de aprendizaje. Su valor es de 1. El término V_{An-1} del paréntesis representa la

suma de la fuerza asociativa acumulada de todos los EC presentes antes de comenzar el ensayo.

El término ($\lambda - V$) describe la sorpresividad del EI o el grado en que el EC se ha asociado con el EI. La diferencia entre λ y V representa la fuerza que hay entre el EI experimentado (λ) y lo que el sujeto espera en un determinado ensayo (V). El valor de la diferencia $\lambda - V$ disminuye a lo largo del condicionamiento a medida que el EI es menos sorpresivo. Cuando la diferencia es 0 indica que el EC predice totalmente al EI y ya no hay más aprendizaje.

Así pues, la formula del modelo muestra que el aumento de la fuerza asociativa de un EC (A) en un determinado ensayo (n) es igual a la saliencia del EC y del EI multiplicada por la diferencia que hay entre la máxima fuerza asociativa que puede aportar el EI y la suma de la fuerza asociativa alcanzada por el EC hasta el ensayo anterior.

La fuerza asociativa (V) o relación EC-EI que se establece en un determinado ensayo se representa formalmente de la siguiente manera:

$$V_{An} = V_{An-1} + \Delta V_{An} \qquad [5.2]$$

La fuerza asociativa del estímulo "A" en el ensayo "n" (V_{An}) es igual a la suma de la fuerza acumulada hasta el ensayo anterior (V_{An-1}), más la fuerza conseguida en el ensayo "n" (ΔV_{An}). Es decir, lo que el sujeto sabe en un determinado ensayo es igual a lo que ya sabía más lo que ha aprendido en ese ensayo.

A) Aplicaciones del modelo

Adquisición

En el condicionamiento excitatorio simple se presentan emparejados el EC y el EI una serie de veces. Por ejemplo, elegimos el condicionamiento salivar en el que se presenta el sonido de una campana (EC_A) seguido de la comida (EI). Asignamos arbitrariamente un valor a "α" de 0,4 y a "b"de 0,8. El valor de "λ" es de 1. El valor de "V_{n-1}" antes de comenzar el condicionamiento es de 0 porque el EC_A no tiene ninguna fuerza asociativa. Aplicamos la fórmula [5.1] y vemos el aumento de la fuerza asociativa que se produce a lo largo de los distintos ensayos (véase figura 5.7).

$$\Delta V_{A1} = \alpha \beta (\lambda - V_{A1-1}): 0{,}40 \times 0{,}80 \ (1 - 0) = 0{,}32 \qquad [5.3]$$

Si observamos el ensayo 1, el aumento de la fuerza asociativa es igual a una constante multiplicado por la diferencia que hay entre el valor de λ y el sumatorio de la fuerza asociativa acumulada hasta el ensayo anterior (en este caso = 0). El valor del ΔV_{A1} es igual a 0,32. Aplicamos la fórmula [5.2] para saber la fuerza asociativa

conseguida en el ensayo 1 y obtenemos el siguiente resultado:

$$V_{A1} = V_{An-1} + \Delta V_{An} = 0 + [0{,}40 \times 0{,}80\ (1 - 0)] = 0{,}32 \qquad [5.4]$$

El valor de V_{A1} ha aumentado como consecuencia del primer emparejamiento EC-EI.

Continuamos con el ensayo 2 y aplicamos las fórmulas [5.1] y [5.2]:

$$\Delta V_{A2} = \alpha\,\beta\,(\lambda - V_{A\ 2\text{-}1}): 0{,}40 \times 0{,}80\ (1 - 0{,}32) = 0{,}21 \qquad [5.5]$$

$$V_{A2} = V_{A2\text{-}1} + [\alpha\,\beta\,(\lambda - V_{A2\text{-}1})]: 0{,}32 + [\,0{,}40 \times 0{,}80\ (1 - 0{,}32)\,] = 0{,}53 \qquad [5.6]$$

Ensayo	Fórmula	$\alpha\,\beta$	$(\lambda - V_{An-1})$	ΔV_A
1	$\Delta V_{A1} = \alpha\,\beta\,(\lambda - V_{1-1})$	0'40 x 0'80	1 – 0	**0'32**
2	$\Delta V_{A2} = \alpha\,\beta\,(\lambda - V_{2-1})$	0'40 x 0'80	1 – 0'32	**0'21**
3	$\Delta V_{A3} = \alpha\,\beta\,(\lambda - V_{3-1})$	0'40 x 0'80	1 - 0'53	**0'15**
4	$\Delta V_{A4} = \alpha\,\beta\,(\lambda - V_{4-1})$	0'40 x 0'80	1 – 0'68	**0'10**
5	$\Delta V_{A5} = \alpha\,\beta\,(\lambda - V_{5-1})$	0'40 x 0'80	1 – 0'78	**0'07**

Figura 5.7. Fuerza asociativa hipotética del sonido (EC_A) en cada ensayo de condicionamiento según el modelo de Rescorla y Wagner. La tabla muestra los valores alcanzados en cada uno de los 5 ensayos.

En el ensayo 2 se observa que la fuerza asociativa conseguida en este ensayo es de 0,21 unidades y la fuerza acumulada antes de comenzar el ensayo era de 0,32. Por tanto, después de dos ensayos, la fuerza asociativa total acumulada es de 0,53 unidades (0,32 + 0,21 = 0,53). La fuerza asociativa del EC en un determinado ensayo equivale a lo que ha aprendido en ese ensayo, más la suma de la fuerza asociativa conseguida en los ensayos anteriores. Dicho de otra manera, lo que el sujeto sabe acerca del EC_A en el ensayo 2 es igual a lo que ya sabía antes de comenzar el ensayo (V_{A2-1}), más lo que ha aprendido en ese ensayo (ΔV_{A2}).

En la figura 5.7 se puede observar el curso del condicionamiento a lo largo de 5 ensayos. Es necesario resaltar que el aumento de la fuerza asociativa en cada uno de los ensayos va disminuyendo a medida que transcurre el entrenamiento. Si representáramos

estos datos en una gráfica obtendríamos una curva de aprendizaje negativamentre acelerada típica de la adquisición. Al final del entrenamiento se igualan los valores de λ y V_{An-1}, por lo que desaparece la discrepancia entre lo que sucede y lo que se espera. Cuando llega ese momento, el EI ya no resulta sorpresivo, los procesos asociativos no se activan y el sujeto deja de aprender.

Extinción

En la extinción se presenta el EC en solitario. Como ahora no aparece el EI, el valor de "λ" es 0. Por tanto, el término ($\lambda - V$) es negativo. Esto significa que el término "ΔV" es también negativo. Supongamos que tras el ensayo 10 de condicionamiento se consigue el nivel máximo de fuerza asociativa ($\lambda = V$). En el primer ensayo de extinción, el valor inicial de V es 1. Si aplica la fórmula [5.1], la disminución de la fuerza asociativa es de –0,32 como resultado del no reforzamiento. Al contrario de lo que ocurre en la adquisición, en la extinción la fuerza asociativa disminuye de forma progresiva hasta llegar al nivel asintótico. A continuación se desarrollan dos ensayos de extinción.

$$\Delta V_{A1} = \alpha \beta (\lambda - V_{1-1}) = 0{,}40 \times 0{,}80 \ (0 - 1) = -0{,}32 \qquad [5.7]$$

$$V_{A1} = 1 + [0{,}40 \times 0{,}80 \ (0 - 1)] = 0{,}68 \qquad [5.8]$$

En el ensayo 2 de extinción seguimos aplicando las fórmulas [5.1] y [5.2] y observamos que la fuerza asociativa disminuye de forma progresiva:

$$\Delta V_{A2} = 0{,}40 \times 0{,}80 \ (0 - 0{,}68) = -0{,}21 \qquad [5.9]$$

$$V_{A2} = 0{,}68 + [\ 0{,}40 \times 0{,}80 \ (0 - 0{,}68)\ ] = 0{,}46 \qquad [5.10]$$

Si continuáramos con los ensayos de extinción, la disminución de la fuerza asociativa iría progresando de forma negativamente acelerada hasta alcanzar el valor de 0. La disminución de la fuerza asociativa en cada ensayo de extinción es equivalente al aumento producido en la adquisición. En los dos primeros ensayos es de 0,32 y 0,21 respectivamente.

Adquisición en el condicionamiento de estímulos compuestos

El modelo fue elaborado para explicar las situaciones en las que se presenta un EC compuesto cuyos elementos compiten entre sí para predecir el EI. Es el caso del ensombrecimiento y del bloqueo. Uno de los supuestos del modelo es que la fuerza asociativa de un estímulo compuesto es igual a la suma de la fuerza asociativa de cada una de los elementos que lo componen. Si por ejemplo se presenta un estímulo compuesto de un tono (EC_A) y una luz (EC_B) seguido de la comida, el compuesto EC_{AB} sería igual a la fuerza asociativa del EC_A más la fuerza asociativa del EC_B. Además, el

aumento de la fuerza asociativa de cada uno de los elementos del compuesto habría que evaluarlos por separado.

En el caso del ensombrecimiento se presentan dos estímulos y uno tiene más relevancia que el otro. Supongamos que el valor de "α_A"es de 0,40, el de "α_B"de 0,60 y el valor de "β" lo mantenemos en 0,80. Aplicando la fórmula obtendríamos los siguientes datos:

$$\Delta V_{A1} = \alpha_A \beta (\lambda - V_{1-1}) = 0{,}40 \times 0{,}80 (1 - 0) = 0{,}32 \qquad [5.11]$$

$$\Delta V_{B1} = \alpha_B \beta (\lambda - V_{1-1}) = 0{,}60 \times 0{,}80 (1 - 0) = 0{,}48 \qquad [5.12]$$

Como se puede observar, el aumento de la fuerza asociativa del EC_B fue mayor que la del EC_A porque era más intenso y tenía mayor relevancia. Siguiendo al modelo, la fuerza asociativa del primer ensayo sería la suma de las fuerzas de los dos estímulos (0,32 + 0,48 = 0,80).

En el ensayo 2 la sorpresividad del EI es mucho menor que en el ensayo 1 por lo que el aumento de la fuerza asociativa sería también menor.

$$\Delta V_{A2} = \alpha_A \beta (\lambda - V_{2-1}) = 0{,}40 \times 0{,}80 (1 - 0{,}80) = 0{,}06 \qquad [5.13]$$

$$\Delta V_{B2} = \alpha_B \beta (\lambda - V_{2-1}) = 0{,}60 \times 0{,}80 (1 - 0{,}80) = 0{,}09 \qquad [5.14]$$

La fuerza asociativa tras el segundo ensayo es de 0,95 (0,06 + 0,09 + 0,80 = 0,95).

En el caso del bloqueo, se empareja primero un EC_A con un EI. Una vez que se ha conseguido el condicionamiento y el estímulo predice totalmente el EI, se presenta el estímulo compuesto EC_A - EC_B seguido del EI. El resultado es que el EC_B no se condiciona porque el EC_A ya predice por completo la aparición del EI. Como el valor de $V_{A1} = 1$ y el valor de $V_{BI} = 0$, entonces el valor de V_{AB} será igual a 1, es decir, igual a λ.

B) Limitaciones del modelo

El modelo sólo se refiere a relaciones de señal y no explica, por ejemplo, el precondicionamiento sensorial. En este caso no existe ningún estímulo que sorprenda al sujeto puesto que se trata de estímulos neutros sin valor biológico relevante. Durante la primera fase los dos estímulos neutros tienen un valor asociativo de 0 y el valor de λ también es de 0 porque el EI no está presente. Por tanto, no se produce ningún cambio en la fuerza asociativa de los estímulos.

Respecto a la extinción, la idea que subyace en el modelo es que en la extinción se produce una pérdida de la fuerza asociativa. Si esto es así, ¿cómo explicar la recuperación espontánea de la RC? Si al final de la extinción el EC ya ha perdido toda la fuerza asociativa para suscitar la respuesta, no se explica cómo la presentación del EC un tiempo después de la extinción puede recuperar la RC. Tampoco se puede explicar la

renovación de la respuesta por el cambio de contexto, cuyos efectos indican que la pérdida de fuerza asociativa no es total.

A pesar de los límites de sus explicaciones, este modelo ha dado lugar a mucha investigación y ha servido de contraste a los modelos posteriores.

5.2.2. Modelo atencional de Mackintosh

Mackintosh (1975a) propone un modelo basado en el papel que juega la *atención* en el condicionamiento y está centrado en el *procesamiento del EC*. Parte de la idea de que los sujetos atienden sólo a alguno de los estímulos presentes en la situación y no a todos. Se presta más atención a los estímulos que son más relevantes y mejores predictores de una consecuencia. El aprendizaje va a depender de la *atención que el sujeto preste al EC*.

Un primer supuesto del modelo es que los estímulos compiten por la atención. Si un sujeto atiende a un estímulo, disminuye la atención a los otros estímulos presentes. De esta manera, la capacidad que tiene un EC para asociarse con el EI depende de la capacidad predictiva del resto de los estímulos presentes.

La cantidad de fuerza asociativa que se adquiere en cada ensayo de condicionamiento depende de la atención que el sujeto preste al EC. A su vez, la atención que el sujeto presta al EC va a depender, en parte, de lo bien que prediga al EI y de la atención que el sujeto preste a los demás estímulos presentes. Cuanto mejor prediga un EC a un EI en un ensayo, mayor atención se le prestará respecto al resto de los estímulos. Si un EC es peor predictor del EI que otros EC, decaerá la atención al mismo y aumentará en los otros.

El segundo supuesto es que la atención del sujeto cambia con la experiencia que tenga de los estímulos. Es decir, los valores de "α" dependen de las características del estímulo y de la experiencia que el sujeto tenga con el mismo. Esta idea le permite explicar el fenómeno de la inhibición latente.

El tercer supuesto es que lo que el sujeto aprende en un ensayo influye en el aumento de la fuerza asociativa en los ensayos siguientes.

El modelo formal que propone Mackintosh para explicar el aumento o la disminución de la fuerza asociativa en un ensayo es el siguiente:

$$\Delta V_{An} = \alpha_A \beta(\lambda - V_{An-1}) \qquad [5.15]$$

El aumento de la fuerza asociativa de un EC $_A$ en un determinado ensayo (ΔV_{An}) es igual a αβ multiplicado por la diferencia que hay entre λ y la fuerza asociativa acumulada por el EC $_A$ hasta el ensayo anterior (V_{n-1}). Cuanto mayor sea la diferencia entre λ y V_{An-1}, menor será el poder predictor del EC $_A$ y viceversa.

El término a representa la naturaleza y relevancia del EC $_A$. También incluye la experiencia que tiene con el EC $_A$ o los cambios de atención que hay durante el

condicionamiento. El valor de α influye en la velocidad de condicionamiento (su valor oscila entre 0 y 1). Este modelo considera que el valor de α no es constante durante el entrenamiento, sino que varía de unos ensayos a otros. Si el valor de a es alto, la magnitud del condicionamiento en un ensayo también será alta y el condicionamiento más rápido. Si el valor de α es bajo, se producirá el efecto contrario. El valor de a aumentará en un ensayo si el EC es un buen predictor del EI en ese ensayo. En cambio, el valor de α disminuirá en un ensayo si el EC es peor predictor del EI que los otros estímulos presentes. Como a medida que transcurre el entrenamiento el EC es mejor predictor del EI, el sujeto prestará cada vez más atención al EC y menos al resto de los estímulos, con lo que el valor de α irá aumentando.

El signo β representa la velocidad de condicionamiento debida al EI (su valor oscila entre 0 y 1). El signo λ representa la máxima fuerza asociativa que permite el EI (su valor es 1).

Es fácil percatarse de que esta fórmula es similar a la del modelo de Rescorla y Wagner. La diferencia está en el hincapié que hace este modelo en el término α. El nivel de procesamiento del EC_A (α) aumenta a medida que predice mejor el EI durante el condicionamiento porque cada vez se le presta más atención.

A) Predicciones del modelo

Adquisición y extinción

Este modelo explica la adquisición con facilidad como hemos visto. Dice que la curva de aprendizaje se produce porque aumenta la atención del sujeto al EC en los sucesivos ensayos de entrenamiento y disminuye la diferencia entre λ y V. En la extinción disminuye la fuerza asociativa porque desciende la atención que el sujeto presta al EC y el valor de λ es 0.

Inhibición latente

La inhibición latente se explica porque disminuye la atención que el sujeto presta al EC. Cuando en la primera fase se presenta el EC en solitario, el valor de a disminuye. El EC no es un buen predictor del EI, como tampoco lo son los estímulos del contexto. Cuando en la fase de condicionamiento se presenta el EC seguido del EI, el valor de α es bajo y, por tanto, tarda más en conseguir el condicionamiento de la respuesta frente a los controles.

Ensombrecimiento y bloqueo

Estos fenómenos los explica el modelo diciendo que se presta más atención al estímulo que mejor predice al EI, en detrimento del otro. El valor de α del estímulo que

es buen predictor aumenta por lo que gana fuerza asociativa en el ensayo. Por el contrario, el valor de α del estímulo que es mal predictor, disminuye. En el bloqueo, el EC es un buen predictor del EI en la primera fase, por lo que bloquea el condicionamiento del otro estímulo del compuesto en la segunda fase. Por ejemplo, si en la primera fase de condicionamiento el estímulo A consigue ser un buen predictor del EI, luego, cuando en la segunda fase se presenta el AB seguido del EI, el estímulo B no se condiciona porque el estímulo A ya predice perfectamente al EI. El valor de α_A aumentará mientras que el valor de α_B disminuirá.

B) Limitaciones del modelo

El modelo explica mejor que el de Rescorla y Wagner algunos fenómenos, como la inhibición latente. Sin embargo, hay propuestas que son difíciles de demostrar. Por ejemplo, el que la condicionabilidad de un estímulo será alta si es un predictor del EI.

5.2.3. Modelo de Pearce y Hall

Este modelo (Pearce y Hall, 1980) también está basado en el papel que juega la atención en el condicionamiento y en el procesamiento del EC. El aprendizaje depende de la atención que el sujeto preste al EC y del procesamiento del mismo.

Se diferencia del modelo anterior en cómo opera la atención. Considera que el sujeto presta menos atención a los EC con los que ha tenido experiencia previa. Como ya conoce su capacidad predictiva, el sujeto no pierde tiempo volviéndolos a procesar profusamente. Sin embargo, presta más atención a los estímulos nuevos porque tiene que evaluar en qué medida predicen el EI. El aprendizaje se mantiene activo mientras el EC sea novedoso. El valor de a disminuye a medida que es mejor predictor del EI.

Otra de las consideraciones del modelo es que la atención que se presta al EC cambia con la experiencia y, por tanto, su asociabilidad (valor de α).

El modelo considera que el procesador tiene una capacidad limitada, trabaja en serie y requiere esfuerzo. El EI siempre tiene acceso al procesador por ser un estímulo biológica-mente relevante, pero el acceso del EC depende de su poder predictivo. Cuando tiene poco poder predictivo y le sorprende mucho el EI, tiene más acceso al procesador que cuando tiene mayor poder predictivo y la sorpresa es menor. En el momento en que el EC predice totalmente al EI, el aprendizaje termina y el EC se procesa automáticamente. El procesador central serial deja de actuar y se utiliza el procesador automático que trabaja en paralelo, es más rápido y requiere menos esfuerzo.

La formulación del modelo se plantea del siguiente modo:

$$\alpha_{An} = | \lambda_{n-1} - V_{An-1} | \qquad [5.16]$$

Esta fórmula representa la capacidad de procesamiento que tiene un EC $_A$ en un determinado ensayo (α_{An}). El término λ_{n-1} representa la fuerza del EI en el ensayo anterior. El término V_{An-1} representa la fuerza asociativa del EC en el ensayo anterior. La fórmula indica que la capacidad de procesamiento del EC está inversamente relacionada con la capacidad predictiva que tiene el EC sobre del EI. En los primeros ensayos en los que el EI es sorpresivo, el valor de la discrepancia λ–V es grande y la atención que se le presta al EC será grande en el ensayo siguiente. Cuando aumenta el valor de V se acerca al valor de λ y disminuye el procesamiento del estímulo. El EC se hace mejor predictor del EI y la atención disminuye.

El modelo diferencia entre intensidad del EC y asociabilidad del EC en el aprendizaje e incorpora esta idea a la ecuación.

$$\Delta V_{An} = S_A \alpha_A \lambda \qquad [5.17]$$

Donde S_A representa intensidad del EC. Tiene un valor fijo durante todo el entrenamiento (entre 0 y 1). El término a_A representa la capacidad asociativa del EC $_A$ y varía según los ensayos. Si sustituimos el término α_A por $| \lambda_{n-1} - V_{An-1} |$ obtenemos la fórmula que representa el cambio que se produce en la capacidad asociativa del estímulo en un ensayo.

$$\Delta V_{An} = S_A | \lambda_{n-1} - V_{An-1} | \lambda_n \qquad [5.18]$$

Observamos que el aumento de la fuerza asociativa del EC en un ensayo depende sobre todo de la asociabilidad del EC (representado en el término entre barras). Los otros factores son valores fijos.

A) Predicciones del modelo

El modelo permite explicar una serie de fenómenos de forma bastante similar al modelo de Mackintosh.

Bloqueo

En el fenómeno del *bloqueo* considera que todos los EC se combinan para predecir al EI. Por eso, la atención que se presta a un EC depende de la capacidad predictiva que tengan los demás estímulos acerca del EI. Como en la primera fase del bloqueo hay un estímulo que llega a predecir totalmente al EI (A), en la segunda fase de estímulo compuesto (AB), el sujeto no atiende al estímulo añadido (B) porque esa información resulta redundante.

Inhibición latente

La inhibición latente la explica diciendo que la presentación repetida en solitario del EC, sin ninguna consecuencia en la primera fase, hace que disminuya la atención que se presta al estímulo. En la segunda fase se retarda el condicionamiento por la falta de atención que el sujeto presta al EC familiar.

B) Limitaciones del modelo

Hay también resultados experimentales que no son explicados convenientemente por este modelo. Por ejemplo, una de las consideraciones de la teoría es que cuando se deja de atender a un estímulo, sólo se puede recuperar la atención si le sigue un suceso que le sorprende. Sin embargo, la atención a un estímulo también se puede recuperar de otras formas. Por ejemplo, presentando el estímulo en otro contexto.

5.2.4. Modelo SOP de Wagner

El modelo SOP (acrónimo de *Sometimes Oponent Processes*) está basado en el procesamiento de la información. Desde la formulación original de Wagner (1981), el modelo ha sufrido varias revisiones realizadas por él y sus colaboradores, aunque los supuestos básicos se han mantenido (Brandon, Vogel y Wagner, 2003). La idea central de todas las formulaciones es que cuando se presenta un estímulo que ya está representado en la memoria operativa, se produce una actividad representacional menor que cuando no está pre-representado. El modelo SOP se sitúa en el contexto de las teorías del procesamiento de la información y está diseñado para explicar tanto el aprendizaje no asociativo como el asociativo (para una revisión véase Vogel, Soto, Castro y Solar, 2006).

El modelo retoma la noción de "nodo" recogida en los modelos conexionistas (Cobos,2005). Concibe la memoria como una estructura gráfica con "nodos" o unidades representacionales interconectadas entre sí por lazos asociativos. Los nodos son una serie de elementos que permiten organizar la memoria en función del grado de activación de la información. Un nodo de memoria representa las características o los atributos de los estímulos.

Se asume que los elementos nodales pueden permanecer en un estado de inactividad (I) o de actividad (A). Dentro del estado de actividad se diferencian dos niveles de intensidad del procesamiento de la información: un estado primario A1 (estado de memoria operativa, atención activa de los elementos nodales, procesamiento alto y repaso), y un estado secundario A2 (estado de memoria a corto plazo, atención difusa, no hay repaso activo).

Los nodos están compuestos por un número grande pero finito de elementos, los cuales pueden estar en cualquiera de los tres estados posibles. Pueden encontrarse en estado I. Éste sería el estado de reposo del sistema de memoria. También pueden ser transferidos a uno de los estados de activación de memoria operativa (A1 y A2). Cuando

se presenta un estímulo, se activan los elementos de su correspondiente representación de memoria que normalmente se encuentra en estado inactivo (I) y una proporción de estos elementos son transferidos al estado A1 donde son atendidos activamente y repasados. La activación del estado A1 decae con rapidez y pasa al estado de memoria A2 donde los elementos del estímulo no se repasan activamente. De aquí pasan de nuevo al estado inactivo (I). El número de elementos que se transfieren del estado I a A1 depende de las características del estímulo. Los estímulos más intensos transfieren más elementos que los menos intensos.

El curso temporal de la activación de un estímulo está representado por dos tipos de huella: la huella de la actividad de A1 y la huella de la actividad de A2. El valor instantáneo de cada huella viene dado por la proporción de elementos que están activos en ese momento. Las formas de las huellas pasan por un período de reclutamiento de elementos, un pico, una estabilización y un decaimiento después de la terminación del estímulo.

La respuesta que se suscita tras la presentación de un estímulo va a depender de las unidades que estén activas y de si éstas se encuentran en estado A1 ó estado A2. Esto supone que los elementos que representan el estímulo están disponibles para adquirir y expresar aprendizaje sólo cuando están en estado activo y nunca cuando están en estado inactivo.

Un nodo puede activar otro nodo con el que está relacionado asociativamente siempre en el estado A2. Esto hace que los elementos se transfieran del estado I a A2. Por ejemplo, si se ha establecido una asociación en el pasado entre un EC y un EI, luego, la presentación del EC en solitario recuperará el nodo del EI desde el estado I al A2. Sin embargo, cuando el responsable de activar un nodo es un estímulo externo, sus elementos se transfieren al estado A1.

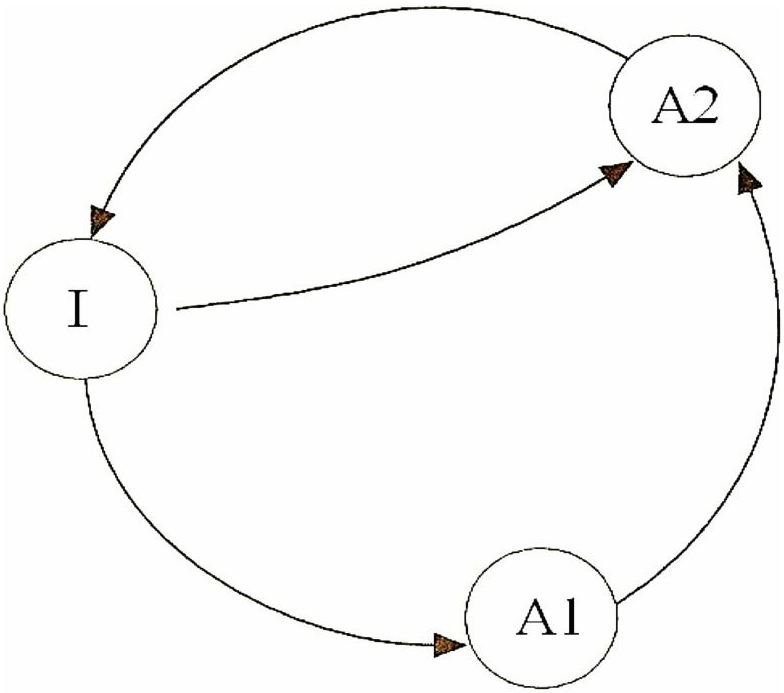


Figura 5.8. Nodo de memoria del modelo de SOP de Wagner (1981). El esquema representa cómo circula la información entre los distintos estados de activación. Estado inactivo de procesamiento (I), estado A1 de nivel de procesamiento alto y estado activo A2 de nivel de procesamiento más bajo.

Cuando los elementos de los nodos del EC y del EI se encuentran simultáneamente en estado A1, desarrollan asociaciones excitatorias. Por el contrario, cuando los elementos del nodo del EC se encuentran en estado A1 y los del EI en estado A2, se desarrollan asociaciones inhibitorias.

El modelo considera que cuando se presenta un estímulo por primera vez se procesa en estado A1. En cambio, cuando se presenta un estímulo ya conocido tenderá a activar elementos de su nodo de memoria correspondiente que se encontraría en estado inactivo (I). Un estímulo sólo se activará en A1 si se presenta físicamente.

A) Predicciones del modelo

Adquisición

Ya hemos señalado que la adquisición en el condicionamiento excitatorio se produce cuando los nodos del EC y del EI coinciden en estado A1. Cuando se presenta el EC, los elementos del nodo se activan en estado A1. Antes de que decaiga la activación se presenta el EI que hace que los elementos de su nodo se transfieran al estado A1. La fuerza del condicionamiento en un determinado ensayo viene determinada por el número de elementos de cada nodo que están en estado A1. Cuando más elementos haya, mayor

será el condicionamiento en ese ensayo.

Extinción

Cuando tras el condicionamiento se presenta el EC en solitario, se activa el nodo del EC que a su vez afecta al nodo del EI debido a la asociación establecida, transfiriendo directamente los elementos al estado A2. De esta forma, el generador de respuesta suscita una RC cada vez menor.

Inhibición latente

La inhibición latente la explica el modelo diciendo que en la fase de pre-exposición se establece una asociación entre las claves del contexto y el EC al coincidir ambos en el estado A1 (contexto-estímulo). Cuando en la fase de condicionamiento se presenta el EC seguido del EI, las claves del contexto suscitan la memoria del EC desde estado I a A2. De esta manera no coinciden el nodo del EI que está en estado A1 y el del EC que está en estado A2, lo que dificulta en un principio la asociación entre ambos estímulos y se retrasa el condicionamiento.

Habituación

Este modelo explica de forma distinta la habituación a corto plazo y a largo plazo. La *habituación a corto plazo* se produce sobre todo cuando el intervalo entre ensayos es corto. En este caso, la presentación de un estímulo puede activar menos el estado A1 porque la huella de memoria del estímulo anterior se encuentre todavía en estado A2. Los estados A1 y A2 son opuestos funcionalmente ya que cuando un nodo está en estado A2, disminuye la posibilidad de que un estímulo adecuado active el estado A1. La primera presentación de un estímulo activa el estado A1 que transfiere elementos nodales al estado A2 que decae lentamente hasta llegar al estado inactivo (I). Ahora bien, si se presenta por segunda vez el mismo estímulo cuando los elementos nodales están en estado A2 debido a la presentación previa, entonces el estímulo no podrá transferir elementos nodales al estado A1. Esto tiene como consecuencia que la respuesta que se produce tiene menos fuerza que si estuviera en estado A1. A la vez, cuantas más veces se repite el estímulo, menor será el número de elementos transferidos al estado A2 en cada presentación. Es decir, cuando la representación interna de un estímulo ya ha sido activada, la presentación de nuevo de ese estímulo va a afectar al nivel de la respuesta, produciéndose habituación.

También explica la recuperación espontánea de la respuesta en la habituación. Cuando después de la habituación se presenta de nuevo el estímulo, los nodos de éste ya han pasado al estado I. Por eso la presentación del estímulo activará de nuevo el estado A1 y se suscitará la respuesta.

La *habituación a largo plazo* se produce sobre todo cuando el intervalo entre ensayos es más largo. En este caso, la presentación repetida del estímulo lleva al

establecimiento de una asociación entre las claves contextuales y el estímulo habituador o EI (asociación contexto-EI), que lleva a que el contexto recupere la memoria del EI en A2. La activación de gran parte de los nodos del EI en A2 llevará a que se activen pocos nodos en A1 y, por tanto, se produzca una respuesta de intensidad baja.

El modelo SOP asume que la respuesta incondicionada (RI) es bifásica, siendo el primer componente una función del nivel de actividad A1 y el segundo componente del A2. Además, considera que el condicionamiento dota al estímulo condicionado (EC) de la capacidad de activar directamente los elementos del estado A2 del EI, sin pasar por el estado A1. Esto hace que la respuesta condicionada (RC) refleje normalmente el componente secundario suscitado por el A2 más que el A1, lo que explicaría el hecho de que la RC algunas veces es opuesta a la RI. La RC se asemejaría a la parte final, la cual muchas veces es opuesta a la parte inicial. Por ejemplo, la administración de morfina da lugar a la RI de sedación (componente A1), y luego a hiperactividad (componente A2). En este caso, la RC es contraria o compensatoria de la RI (hiperactividad) ya que el componente A2 queda condicionado a los estímulos contextuales produciendo una disminución de la fuerza de dicha respuesta. Así, si inyectamos morfina (EI) a unas ratas en presencia de unas claves contextuales determinadas (EC), la respuesta suscitada después de una serie de ensayos será la correspondiente al componente A2, es decir, la hiperactividad (RC). ¿Y qué ocurre con el componente A1 de la RI (sedación)? Se considera que como la RC (hiperactividad) se superpone con la RI, el componente A1 se va debilitando de forma progresiva (habituación) a medida que aumenta la fuerza de la RC (hiperactividad). Es decir, el efecto de sedación va disminuyendo de forma progresiva (habituación) a medida que aumenta la fuerza de la RC (hiperactividad) suscitada por la presencia de las claves contextuales asociadas a la inyección de morfina.

Aunque los componentes conductuales de la RC y la RI a veces son antagónicos como acabamos de ver, otras muchas son complementarios. Por ejemplo, si se presenta un soplo de aire (EI) sobre el ojo de un conejo se producirá una respuesta de parpadeo (RI) y los estímulos contextuales presentes en esta experiencia llegarán a suscitar también el parpadeo (RC). De esta forma, la respuesta suscitada por el EC (activa el componente A2) se sumará a la suscitada por el EI (activa componentes A1 y A2), produciéndose una *facilitación condicionada* o *sensibilización* (Wagner y Brandon, 1990).

B) Limitaciones del modelo

Una de las cuestiones que plantea el modelo es la explicación de la habituación a largo plazo. Si en este caso se produce una asociación contexto-EC, entonces podríamos hacer desaparecer dicha asociación presentando el estímulo habituador en otro contexto. Cuando se ha realizado esta prueba y se ha presentado el estímulo en un contexto distinto pero familiar, la respuesta habituada se ha mantenido. La habituación no es específica del contexto como le ocurre a la inhibición latente.

Una de las peculiaridades de este modelo es que trata de explicar la habituación y la

sensibilización en el marco de las explicaciones de otros fenómenos de aprendizaje más complejos, como son los procesos asociativos. Además, hace hincapié en el papel que juegan los estímulos contextuales a la hora de explicar la habituación a largo plazo. El modelo da cuenta de la habituación y la sensibilización y ha dado lugar a una amplia investigación para ponerlo a prueba.

A pesar de estas y otras limitaciones, las propuestas y explicaciones del modelo resultan interesantes. El modelo ha dado lugar a mucha investigación y se han realizado actualizaciones constantes del modelo. La última revisión del modelo SOP es el AESOP (Affective Extensión of SOP) (Wagner y Brandon, 1989) que surge para paliar algunas de las limitaciones del modelo, como la falta de explicación de las diferencias de respuesta debidas a los efectos emocionales del EI. El modelo asume la existencia de dos nodos separados para cada EI, un nodo sensorial y otro emocional, que pueden tener distintas conexiones con el EC. Esto hace que las RC y RI puedan ser distintas y que los nodos sensoriales modulen los emotivos y al contrario, y que influyan ambos en la respuesta final. De todos modos, falta todavía mucha investigación para poner a prueba este modelo teórico.

5.3. Bases neurobiológicas del condicionamiento clásico

Los estudios neurobiológicos del condicionamiento clásico han mostrado que los cambios que se producen ocurren en los mismos lugares de plasticidad sináptica que en el aprendizaje pre-asociativo visto antes, y se producen también cambios en la eficacia sináptica. Los estudios orientados a conocer las bases neurobiológicas del condicionamiento se han realizado con modelos animales tanto invertebrados como vertebrados, utilizando registros neurofisiológicos, pruebas neuroquímicas y de neuroimagen. Los estudios con invertebrados se han centrado más en averiguar los mecanismos neuronales y moleculares del condicionamiento, mientras que los estudios con vertebrados se han orientado más a estudiar las estructuras cerebrales y vías nerviosas implicadas en el mismo (véase Aguado, 2003).

5.3.1. Estudios en invertebrados

Los trabajos realizados para averiguar las bases neuronales y moleculares del condicionamiento clásico se han llevado a cabo en distintas especies de invertebrados, como el molusco marino *hermissenda*, la mosca de la fruta o *drosophila melanogaster*, el caracol marino *aplysia*, etc. Quizás los más representativos son los realizados por Kandel y colaboradores en la aplysia (véase Squirrel y Kandel, 2000). En estos trabajos efectuados en la *aplysia* se ha estudiado el reflejo de retracción de la branquia y el sifón. El procedimiento experimental consiste en realizar un ligero toque con un pincel (EC) sobre la piel del sifón o del manto, seguido de una descarga eléctrica (EI) aplicada en la

cola, con un intervalo entre estímulos de 0,5 segundos. Tras 10 ensayos de entrenamiento, la presentación en solitario del estímulo táctil sobre la piel del sifón o del manto suscita una respuesta de retracción de la branquia y el sifón (RC). Ésta es una respuesta nueva que antes del entrenamiento sólo era suscitada por la descarga.

Los resultados experimentales han mostrado que en el condicionamiento del reflejo de retracción también se producen cambios en la eficacia sináptica en las sinapsis sensorio-motoras moduladas por los neurotransmisores. Se ha observado que en este condicionamiento hay un aumento de los niveles de neurotrasmisores en las sinapsis sensorio-motoras, incluso mayor que en la sensibilización, acompañado también de un aumento de los potenciales postsinápticos excitadores (PPSE). En el condicionamiento clásico se produce una facilitación sináptica todavía mayor que en la sensibilización y se considera que es dependiente de la actividad. Esto quiere decir que las neuronas sensoriales de la vía del EC deben estar activas antes de que actúen las neuronas facilitadoras de la vía del EI para que se amplifique la facilitación sináptica.

La facilitación sináptica producida en el condicionamiento clásico es heterosináptica porque está mediada por las interneuronas facilitadoras o moduladoras que se activan al presentar el EI. Para que ocurra el condicionamiento, el EC y el EI deben de excitar las mismas neuronas sensoriales en una secuencia y en un intervalo crítico. La vía que inerva el manto (vía del EC) y la vía que inerva la cola (vía del EI) convergen en la misma sinapsis sensorio-motora donde ocurren los cambios. La vía del EI lo hace mediante una conexión con las interneuronas facilitadoras que sinaptan con los terminales presinápticos de las neuronas sensoriales que inervan el manto y el sifón (sinapsis axo-axónicas). Estas sinapsis usan serotonina como neurotransmisor (véase figura 5.9). De alguna manera, el condicionamiento clásico procede de la misma forma que la sensibilización. La aplicación de una descarga en la cola del animal activa las neuronas facilitadoras o moduladoras, que sinaptan con los terminales de las neuronas sensoriales del manto y del sifón. Las interneuronas envían una señal en forma del neurotransmisor serotonina que aumenta el vertido de neurotransmisor de las neuronas sensoriales del manto y el sifón.

Ahora bien, ¿qué ocurre cuando se aplica un estímulo táctil (EC) sobre el manto seguido de una descarga (EI) en la cola? Hay una secuencia rigurosa de acontecimientos. En primer lugar se activa la sinapsis sensorio-motora en la vía que inerva el manto (vía NS-1) y un poco después la vía sensorial facilitadora que inerva la cola (vía NS-2). La presentación del EC dispara las neuronas sensoriales del manto cuya acción se ve potenciada inmediatamente después por las neuronas facilitadoras de la vía del EI, dando lugar a una facilitación presináptica cada vez mayor y a un aumento de los PPSE de la neurona motora.

¿Cuáles son los cambios bioquímicos que propician la facilitación presináptica amplificada? La llegada del potencial de acción a la terminal presináptica de la neurona sensorial abre los canales de Ca2+ y fluye el Ca2+ al interior de la célula. El Ca2+ aumenta los niveles de adenil monofostafo cíclico (AMPc) a través del complejo de la calmodulina y del enzima adenil ciclasa. A su vez, el disparo de las neuronas facilitadoras

hace que se vierta serotonina y que se active el segundo mensajero AMPc que propicia una cadena de acontecimientos en el interior de la célula a través de la proteína quinasa A (PKA). Todas estas acciones hacen que se produzca un mayor vertido del neurotransmisor a la hendidura y que aumente el número de PPSE.

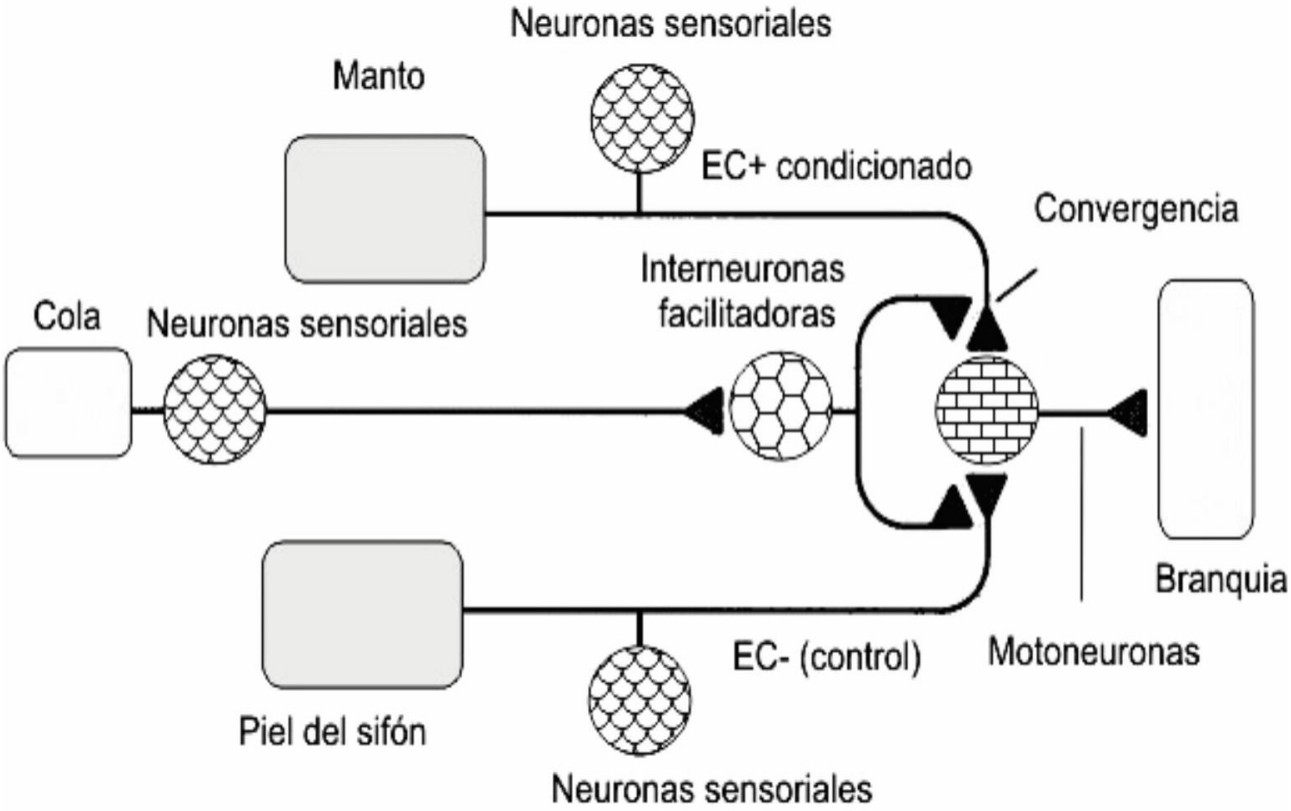


Figura 5.9. Vías nerviosas del condicionamiento clásico en la *aplysia*. La presentación de un estímulo táctil (EC) sobre el manto seguido de una descarga (EI) en la cola hace que se activen dos vías nerviosas. Primero se estimulan las neuronas sensoriales del manto (vía NS-1) y luego se activan las neuronas sensoriales de la cola que conectan con las interneuronas facilitadoras (vía NS-2). Estas últimas hacen sinapsis con los terminales presinápticos de las neuronas sensoriales del manto, produciéndose un mayor vertido de neurotransmisor en la hendidura sináptica y un mayor número de PPSE (Según Kandel, Schwartz y Jessell, 1997).

5.3.2. Estudios en mamíferos

Los estudios sobre condicionamiento clásico en mamíferos se han realizado en animales intactos y en distintos sistemas de respuesta. Estos estudios han tratado de definir los circuitos nerviosos y los mecanismos fisiológicos implicados en el aprendizaje. Las vías nerviosas que gobiernan cada RC están distribuidas por todo el cerebro y hay amplia evidencia de que existen mecanismos de plasticidad inducidos por la experiencia de aprendizaje que implican cambios en la eficacia de una neurona para activar a otra a través de las conexiones sinápticas. Algunos de los ejemplos más estudiados han sido el

condicionamiento palpebral en conejos, ratas, gatos, etc. y el condicionamiento del miedo en roedores.

El procedimiento del *condicionamiento palpebral* consiste en presentar un tono (EC) seguido de un soplo de aire fuerte (EI) sobre la córnea del ojo. El entrenamiento con esta secuencia EC-EI suscita una respuesta de parpadeo (RC) cuando se presenta el EC en solitario. Este condicionamiento es similar al de los humanos. Los investigadores han realizado un mapa detallado de las estructuras cerebrales donde las neuronas son más activas eléctricamente durante el condicionamiento. Las estructuras directamente implicadas en este condicionamiento parecen ser el cerebelo y el hipocampo (Delgado-García, 2003).

La vía del EC proyecta sus contactos a través del núcleo coclear y el núcleo pontino hasta los núcleos cerebelosos profundos. Estos núcleos cerebelosos también reciben una proyección desde la vía sensorial del EI, del núcleo del trigémino y la oliva inferior. En este lugar convergen las vías del EC y del EI y es un lugar clave para la plasticidad que envía unas salidas a través del núcleo rojo que es el núcleo motor encargado del cierre del párpado. Se ha observado que hay un aumento de la actividad en neuronas individuales tanto en su corteza como en los núcleos profundos del cerebelo. Más concretamente, hay neuronas relacionadas con los movimientos palpebrales reflejos y condicionados situadas en el polo rostral del núcleo interpósito posterior y en la cara medial del núcleo dentado, tanto en ratas como en gatos. El núcleo interpósito posterior contribuye a la despolarización de las motoneuronas faciales en el momento en que aparece la RC de parpadeo. Este efecto se ejerce preferentemente por las neuronas tipo A que se proyectan a la región dorso-medial del número rojo, mientras que éstas proyectan sobre las motoneuronas del músculo orbicular del ojo. Los resultados experimentales parecen indicar que la función del cerebelo es la de reforzar la orden motora procedente de alguna otra estructura cerebral, probablemente la corteza motora y promotora y no tanto la de coordinar o integrar el movimiento aprendido.

¿Es necesaria la participación del cerebelo para que ocurra el condicionamiento? Se han obtenido datos que indican que animales descerebelados son capaces de manifestar la RC en algún grado, lo mismo que personas con degeneración cerebelar.

La participación del hipocampo en el condicionamiento palpebral parece también clara. Las células piramidales de las zonas CA1 y CA3 del hipocampo parecen estar relacionadas con la relevancia, y el valor predictivo del EC. La respuesta eléctrica neuronal al EC aumenta de forma considerable a lo largo de las sesiones de condicionamiento.

En relación con el *condicionamiento de miedo*, la estructura central implicada es la amígdala, un conjunto de núcleos nerviosos situados frente al hipocampo en el lóbulo temporal medial anterior (véase Le Doux, 2000). El procedimiento de condicionamiento de miedo suele consistir en la presentación de un tono (EC) emparejado con una descarga eléctrica (EI) en las patas del animal. Se suelen medir una serie de cambios conductuales y fisiológicos que se producen ante la presentación del EC. Las vías nerviosas que transmiten información del EC y del EI convergen en el núcleo lateral de la

amígdala. Lesiones realizadas en distintos núcleos de la amígdala tienen efectos diferentes en el condicionamiento de miedo. Por ejemplo, la lesión en el núcleo lateral afecta a la adquisición de miedo, mientras que la lesión en núcleo central afecta a la serie de cambios que constituyen la RC. El núcleo lateral tiene un papel importante en la plasticidad neuronal de este tipo de condicionamiento. Además, este núcleo se conecta con el núcleo central que controla los cambios que constituyen la RC.

En el condicionamiento del miedo también hay cambios en los sistemas que intervienen en los procesos perceptivos y que se sitúan a nivel cortical y subcortical. Por ejemplo, se han observado cambios en la corteza auditiva primaria ante los EC auditivos, lo mismo que, a nivel subcortical, en la división medial del cuerpo geniculado medial que se considera una parte del sistema neuronal del aprendizaje.

5.4. Resumen

¿Qué es lo que se aprende en el condicionamiento? Existen dos modelos explicativos. Por una parte está el modelo tradicional de sustitución de estímulos que considera que el EC es un sustituto del EI y que las RI y RC son idénticas. En el condicionamiento se establece una asociación entre el EC y la RI (asociación E-R). El EC activa directamente el centro nervioso de la respuesta. Hay fenómenos como el precondicionamiento sensorial que no pueden explicar este modelo. El otro modelo considera que en el condicionamiento se establece una asociación entre la representación del EC y del EI (asociación E-E). Así, cuando se presenta el EC se suscita la RC porque se activa la representación del EI. Los trabajos sobre devaluación o reevaluación del EI tratan de poner a prueba este modelo. El modelo es capaz de explicar el precondicionamiento sensorial pero no da cuenta de los casos en los que la RI y la RC son distintas.

El condicionamiento de las respuestas compensatorias trata de explicar precisamente este hecho. Existe evidencia experimental sobre el papel del condicionamiento clásico en las drogodependencias, tanto en la tolerancia como en el síndrome de abstinencia. Los estímulos del contexto presentes mientras se administra la droga se pueden convertir en EC que provocan respuestas fisiológicas contrarias a la propia droga. Las respuestas compensatorias opuestas al efecto de la droga son las responsables de la tolerancia.

Se han propuesto varios modelos téoricos asociativos para explicar cómo se aprende y cuáles son los mecanismos implicados en este proceso. El más tradicional de estos modelos es el de Rescorla y Wagner. Parte de la idea de sorpresividad del EI. Cuanto más sorpresivo sea el EI, mayor fuerza asociativa adquiere el EC. En los primeros ensayos de condicionamiento el EI es muy sorpresivo por lo que el incremento de la fuerza asociativa del EC es alto. A medida que transcurren los ensayos, el incremento de la fuerza asociativa que adquiere el EC va disminuyendo de forma progresiva porque el EI va siendo cada vez menos sorpresivo.

Mackintosh y Pearce y Hall hacen hincapié en el papel que juega la atención en el condicionamiento. Ambos modelos se centran en el procesamiento del EC. Según el modelo de Mackintosh el aprendizaje va a depender de la atención que el sujeto preste al EC. Considera que el sujeto presta más atención a los estímulos que son más relevantes y mejores predictores de una consecuencia. Si el sujeto presta atención a un estímulo, disminuye la atención a los demás estímulos presentes. De esta manera, la capacidad que tiene un EC para asociarse con el EI depende de la capacidad predictiva del resto de los estímulos presentes. Además, la atención del sujeto cambia con la experiencia que tenga con los estímulos, lo que le permite explicar el fenómeno de la inhibición latente.

El modelo de Pearce y Hall se diferencia del modelo anterior en cómo opera la atención. Considera que el sujeto presta menos atención a los EC con los que ha tenido experiencia previa. Como ya conoce su capacidad predictiva, el sujeto no pierde tiempo volviéndolos a procesar profusamente. Sin embargo, presta más atención a los estímulos nuevos porque tiene que evaluar en qué medida predicen el EI. El aprendizaje se mantiene activo mientras el EC sea novedoso. Otra de las consideraciones del modelo es que la atención que se presta al EC cambia con la experiencia y por tanto su asociabilidad.

El modelo SOP de Wagner se sitúa en el contexto de las teorías del procesamiento de la información y está diseñado para explicar tanto el aprendizaje no asociativo como el asociativo. La idea central de todas las formulaciones es que cuando se presenta un estímulo que ya está representado en la memoria de trabajo, se produce una actividad representacional menor que cuando no está pre-representado.

Respecto a las bases neurobiológicas del aprendizaje, se ha observado que en el condicionamiento clásico se produce una facilitación sináptica todavía mayor que en la sensibilización. Esta facilitación sináptica es heterosináptica porque está mediada por las interneuronas facilitadoras o moduladoras que se activan al presentar el EI.

Las estructuras implicadas en el *condicionamiento palpebral* parecen ser el cerebelo y el hipocampo y en el *condicionamiento de miedo* la amígdala. Los cambios en el condicionamiento del miedo no sólo ocurren en la amígdala sino también hay cambios en los sistemas que intervienen en los procesos perceptivos y que se sitúan a nivel cortical y subcortical.

6
Condicionamiento instrumental

6.1. Introducción

En las páginas anteriores hemos realizado una amplia exposición del fenómeno del condicionamiento clásico en el que el sujeto establece una asociación entre dos sucesos que aparecen relacionados. Cuando un estímulo del ambiente predice otro estímulo biológicamente relevante, su presentación suscita una RC.

Existe otra forma de aprendizaje asociativo en la que la conducta está controlada por sus consecuencias (aprendizaje R-E^r). A este tipo de aprendizaje se le conoce con el nombre de condicionamiento instrumental o condicionamiento operante. Se trata de un aprendizaje en el que el sujeto realiza la conducta para conseguir algo que le interesa o para suprimir y evitar algo que le molesta. También puede suprimir una conducta para no ser castigado. Es decir, la conducta del sujeto tiene un objetivo, está dirigida-a-una-meta.

Este tipo de aprendizaje es muy común en nuestra vida diaria. La mayoría de lo que hacemos a lo largo del día obedece a las consecuencias de nuestras acciones. Vamos a estudiar al colegio o a la universidad para conseguir un título, acudimos a diario al trabajo porque esperamos conseguir un sueldo a final de mes, el dependiente de una tienda sonríe al cliente porque espera venderle algún producto, pagamos los impuestos en el plazo fijado para no ser multados, etc. Lo mismo que un adiestrador de perros cambia la conducta del animal mediante el sistema de premios y castigos, nosotros, los humanos, educamos a los niños con un sistema similar: recompensamos aquellas conductas que queremos promover y castigamos aquellas otras que queremos suprimir. En capítulos sucesivos estudiaremos cómo aprendemos a cambiar nuestra conducta en función de sus consecuencias.

6.2. Condicionamientos clásico e instrumental

Los condicionamientos clásico e instrumental son dos procesos de aprendizaje que tienen algunos elementos en común y difieren en otros. Por ejemplo, los estímulos incondicionados (EI o E^r) del condicionamiento clásico y los estímulos reforzadores (E^r) que siguen a la respuesta del condicionamiento instrumental son equivalentes en el sentido de que los dos son estímulos biológicamente relevantes. Sucesos como la comida,

la descarga eléctrica, la pareja, etc., pueden utilizarse como EI y como E^r. Sin embargo, se trata de sucesos que tienen una función diferente. El EI es contingente al EC que le precede (relación E-E^r) y el sujeto no puede controlar su aparición y el E^r es contingente a la R que también le precede (relación R-E^r) y el sujeto sí tiene control sobre su aparición o no. En el condicionamiento clásico la respuesta del sujeto no tiene ningún control sobre el estímulo reforzador o EI y en el condicionamiento instrumental la ejecución de la respuesta controla la aparición del reforzador.

De la misma forma, una determinada respuesta puede actuar como respuesta condicionada clásicamente o como respuesta instrumental. Por ejemplo, la conducta de llorar puede ser clásica o instrumental. Un niño puede llorar cuando ve un perro al que tiene miedo o puede llorar para conseguir que su madre le compre un helado. En el primer caso, la conducta de llorar está controlada por un estímulo antecedente, el perro. Es una conducta clásica. La visión del perro le suscita el llanto. Sin embargo, en el segundo caso, la conducta de llorar está controlada por sus consecuencias. El niño llora para conseguir que le compren un helado. La conducta de llorar se ve reforzada por el helado. Si el niño aprende la relación lloro-helado, llorará siempre que quiera conseguir un helado. En este caso la conducta de llorar es instrumental. Así pues, la respuesta condicionada clásicamente está controlada por un estímulo antecedente (EC) y la respuesta instrumental por un estímulo consiguiente (E^r).

6.3. Antecedentes históricos del condicionamiento instrumental

El precedente histórico más notable de esta forma de aprendizaje lo encontramos en los trabajos de Thorndike del que ya hablamos en el capítulo 1. Este autor estaba interesado en la inteligencia animal y estudiaba cómo se adquirían los hábitos. Utilizaba gatos como sujetos a los que introducía en unas cajas-problema de las que tenían que salir manipulando algún artilugio (descorrer un cerrojo, presionar una palanca, tirar de una cuerda, etc.) para conseguir un premio en comida. Consideraba que los animales asociaban el E y la R de una forma gradual, mediante ensayo y error. La función del reforzamiento era fortalecer la relación que se establecía entre la situación (E) y la respuesta correcta (R). Su idea era que el reforzamiento crea un estado de satisfacción que sella la asociación E-R. Estableció la "ley del efecto" que enfatiza el papel del reforzamiento sobre la conducta: las conductas que proporcionan consecuencias satisfactorias tienden a repetirse y las que proporcionan consecuencias insatisfactorias tienden a desaparecer. Cuanto más se repite una asociación (ley del ejercicio), más satisfacción producirá y más se fortalecerá la misma. Así pues, su teoría del aprendizaje es una teoría del reforzamiento.

En su estudio del aprendizaje, Thorndike utilizó el procedimiento de ensayos discretos. Con este procedimiento la respuesta instrumental se realiza sólo una vez en cada ensayo. Un ensayo consistía en lo siguiente: se introducía el gato en la caja y una

vez que realizaba la respuesta y conseguía la recompensa, se retiraba al animal y se llevaba a su caja de estabulación durante un tiempo. Luego se volvía a introducir el animal en la caja experimental y se repetía el procedimiento. Se medía la latencia de la respuesta o tiempo que tardaba el gato en salir de la caja.

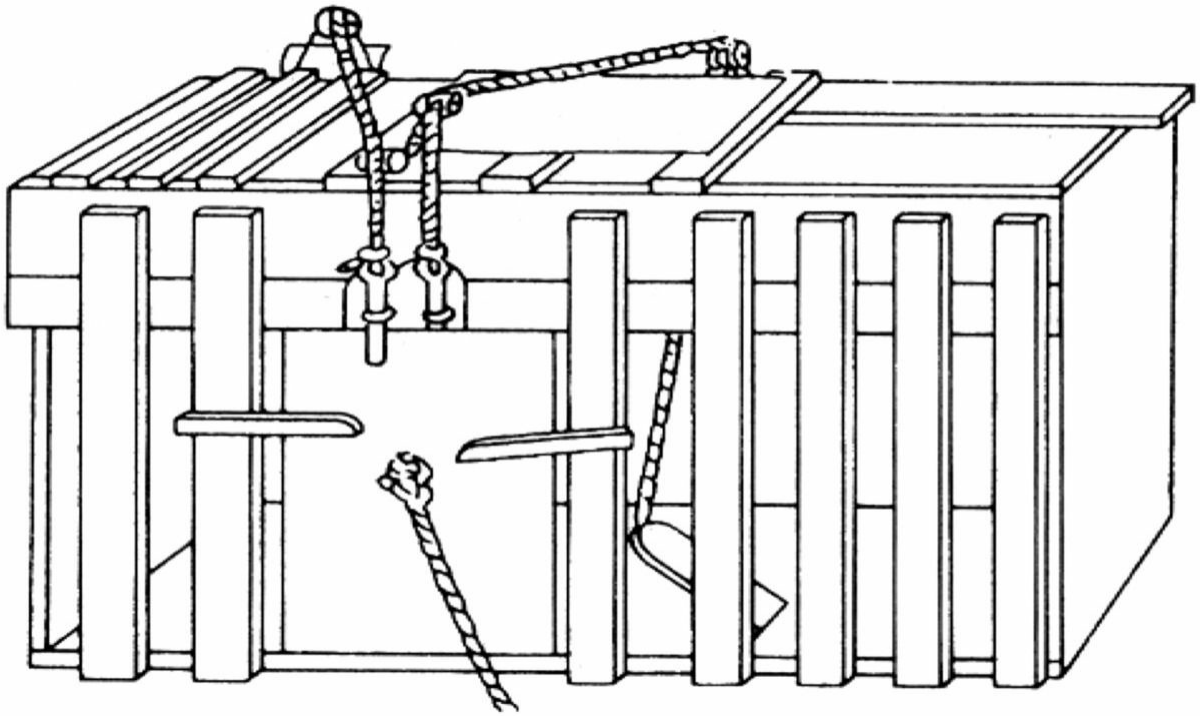


Figura 6.1. Caja problema utilizada por Thorndike. Introducía un gato en la caja y debía salir accionando algún artilugio (presionando un pedal, descorriendo un cerrojo, etc.) para obtener un premio en comida (Según Thorndike, 1911).

Hay otros estudios de aprendizaje en los que se emplean laberintos y también se usa el procedimiento de ensayos discretos. Los laberintos utilizados a lo largo de la historia han sido muy diversos y se han ido simplificando cada vez más. Han variado desde los laberintos de brazos múltiples como el laberinto de Tolman (figura 6.2), el laberinto radial (figura 6.3), laberinto en T (figura 6.4) hasta el corredor recto (figura 6.5). En los laberintos el aprendizaje suele medirse registrando la velocidad de carrera, la latencia de respuesta, el número de errores, etc.

La teoría del aprendizaje de Thorndike influyó mucho en los autores posteriores, sobre todo en Skinner. Este autor retomó los estudios de Thorndike y fue el que más contribuyó al desarrollo del aprendizaje instrumental. Él denominó a este tipo de aprendizaje condicionamiento operante y realizó muchos trabajos empíricos, estableciendo los principios y mecanismos que gobiernan la conducta operante. Desarrolló también instrumentos para estudiar el condicionamiento operante y trató de extrapolar sus conocimientos a la vida práctica. Diseñó una caja de experimentación,

conocida como caja de Skinner, que le permitió descubrir y analizar algunas de las relaciones funcionales existentes entre las variables ambientales y las respuestas del organismo. La caja de Skinner para ratas es un habitáculo pequeño que dispone en su interior de una palanca. La presión de la palanca acciona un dispositivo que dispensa bolitas de comida en un comedero situado al lado de la palanca (figura 6.6). La caja de Skinner diseñada para las palomas dispone de unos discos sobre la pared frontal que pueden ser iluminados. Cuando la paloma picotea un disco iluminado consigue una recompensa en comida (aparece la tolva con grano durante 4 s). La conducta de presión de palanca de la rata o el picoteo del disco de la paloma son conductas operantes porque están controladas por sus consecuencias. A la vez, las bolitas de comida son reforzadores porque aumentan la frecuencia de la conducta. Las cajas de Skinner suelen ir conectadas a un registro acumulativo que marca sobre un papel rodante las respuestas y los refuerzos a lo largo de la sesión experimental. Esto permite establecer curvas de aprendizaje en las que se puede ver, por ejemplo, el efecto de los distintos programas de reforzamiento sobre la frecuencia de la respuesta.

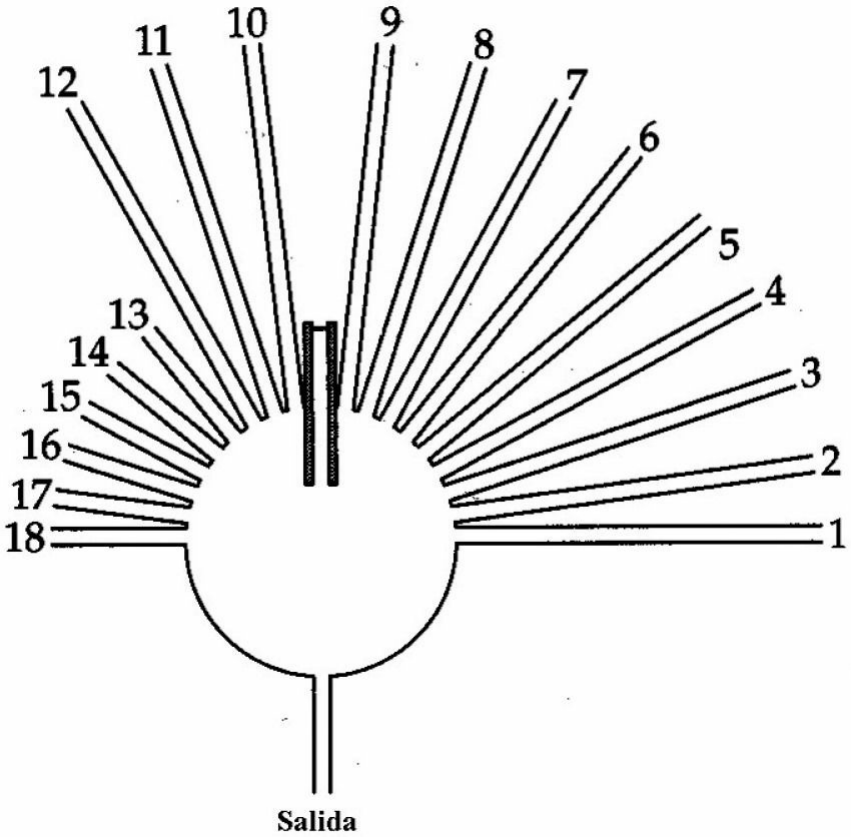


Figura 6.2. Laberinto de múltiples brazos de elección (Según Tolman, Ritchie y Kalish, 1946a).

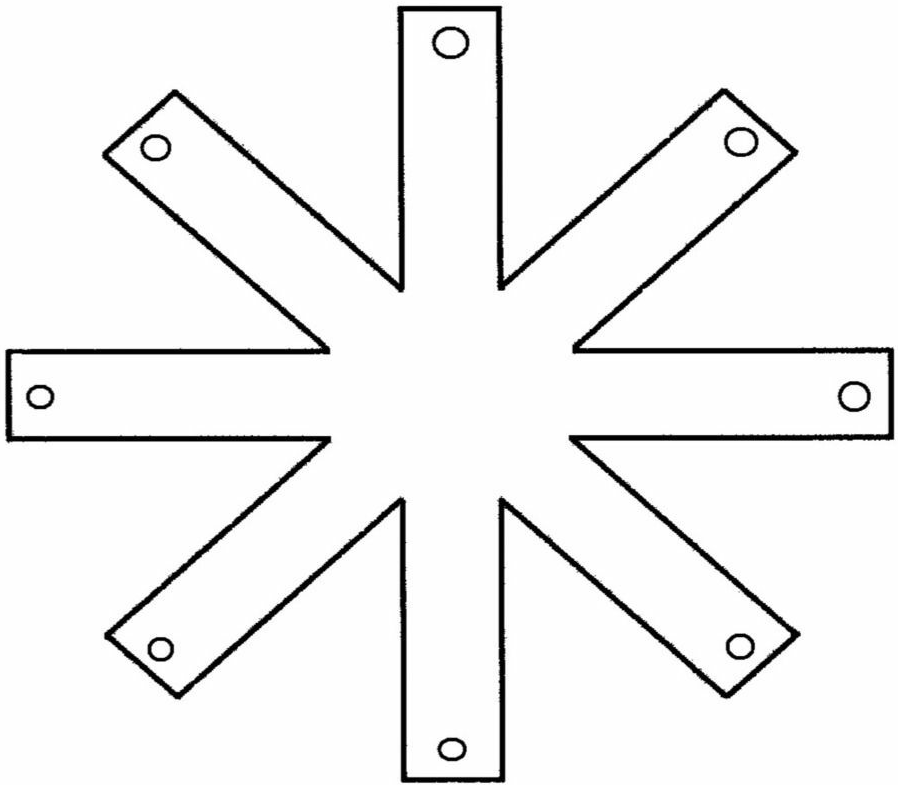


Figura 6.3. Laberinto radial de 8 brazos. Se utiliza para estudiar la memoria, la conducta de elección, etc.

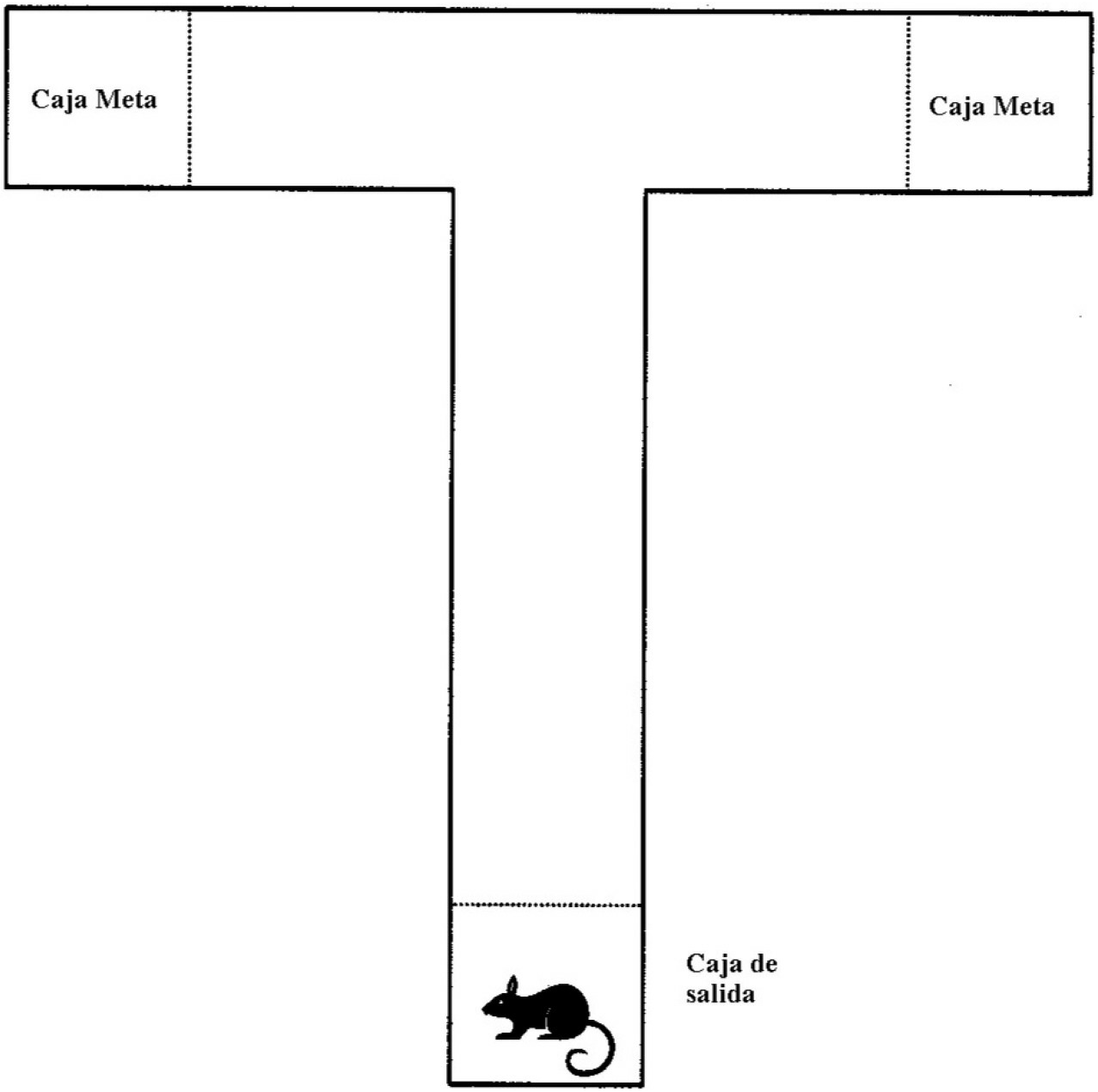


Figura 6.4. Laberinto en forma de T. Tiene un corredor central y dos brazos. Hay una caja de salida y dos de meta. Sólo la elección de un brazo es reforzada con comida o bebida. Se sitúa al animal en la caja de salida y se mide el tiempo que tarda en llegar al brazo correcto. Se utiliza para estudiar la conducta de elección.

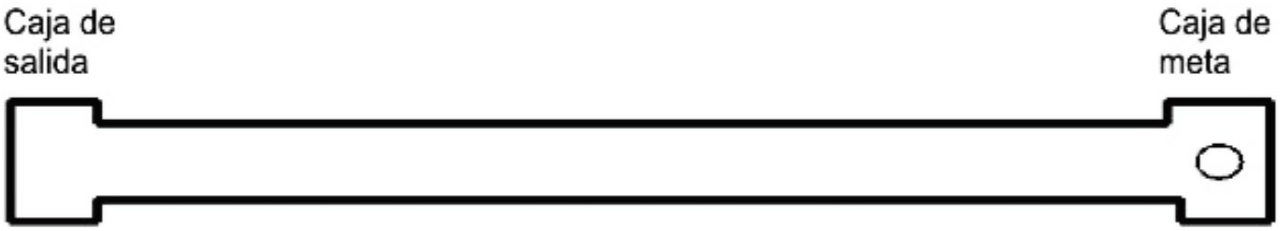


Figura 6.5. Corredor recto. Se utiliza para estudiar el efecto de la magnitud del refuerzo sobre la conducta, la

extinción, etc.

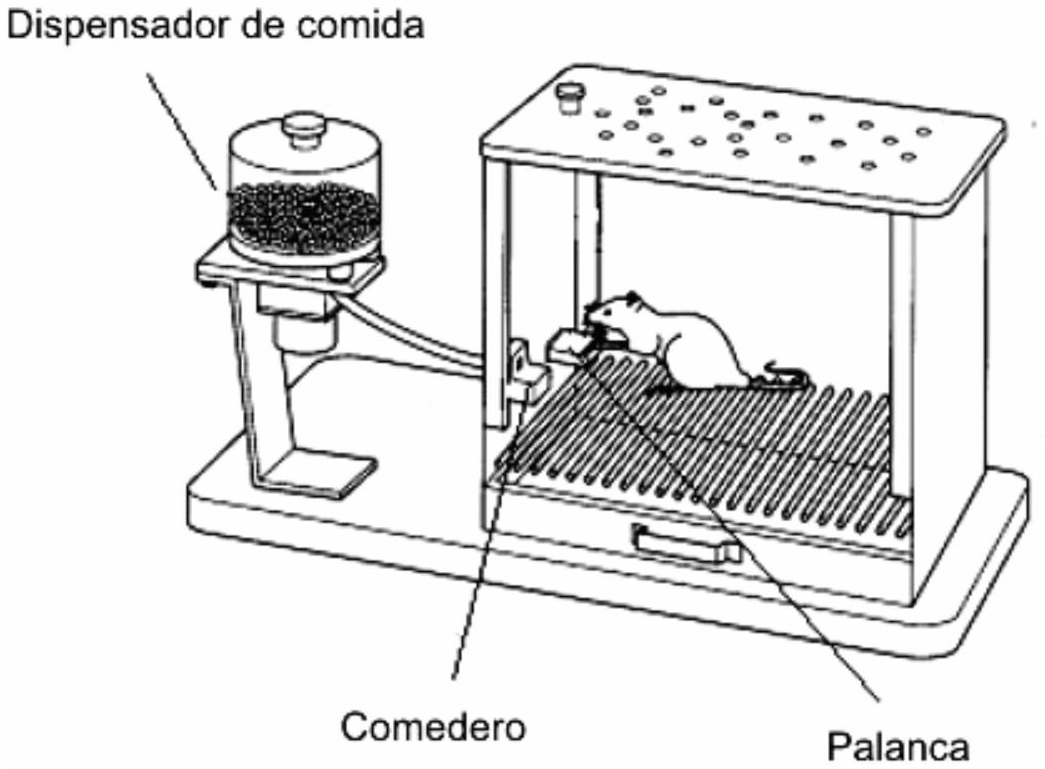


Figura 6.6. Caja de Skinner para ratas. La caja dispone de una palanca que cuando se presiona acciona un dispositivo que dispensa bolitas de comida. Hay un registrador acumulativo incorporado que marca las respuestas emitidas y los refuerzos conseguidos a lo largo de la sesión experimental.

Una de las características de la caja de Skinner es que permite estudiar la conducta de forma continua durante un período de tiempo, frente a los procedimientos en los que se usan ensayos discretos como las cajas problema o los laberintos. Este procedimiento de "operante libre" refleja mejor lo que ocurre en el medio natural donde los organismos realizan las conductas las veces que quieren. Por ejemplo, en el medio natural cada vez que una paloma picotea granos de comida esparcidos por el suelo no se le retira de la situación durante un tiempo y luego se le permite acceder de nuevo, como ocurre en el procedimiento de ensayos discretos, sino que puede picotear los granos de comida las veces que quiera durante períodos de tiempo prolongados. Con el procedimiento de "operante libre" se puede estudiar no sólo cómo se aprende una conducta nueva, sino también con qué frecuencia ocurre. No olvidemos que la mayoría de las conductas que realizan los animales y los humanos en sus entornos a lo largo del día son conductas que se repiten constantemente. Por tanto, es necesario averiguar no sólo lo que se sabe y cómo se adquiere, sino también lo que hace que una conducta persista a lo largo del

tiempo.

6.4. Elementos del condicionamiento instrumental

El condicionamiento instrumental es una forma de aprendizaje asociativo en la que el sujeto establece una relación entre la conducta y sus consecuencias en un contexto o en presencia de un estímulo ambiental que señala la posibilidad del refuerzo. Es decir, el paradigma del condicionamiento instrumental consta de 3 elementos: la respuesta, el estímulo reforzador o refuerzo y el contexto donde ocurren estos sucesos o estímulo discriminativo ($E^d \rightarrow R \rightarrow E^r$).

La respuesta instrumental (R): es una respuesta que se define en función de los efectos que tienen sobre el ambiente. La presión de la palanca en la caja de Skinner hace que la rata obtenga una bolita de comida, la apertura de la puerta de clase hace que el alumno pueda entrar en el aula, el fumar fuera del edificio escolar evita que sea sancionado. La respuesta instrumental es una acción que controla el estímulo reforzador ya que puede hacerlo aparecer o desaparecer. Cuando hablamos de respuesta instrumental nos referimos comúnmente a la respuesta motora voluntaria que es controlada por sus consecuencias. Estas respuestas incluyen acciones como mover los brazos, hablar, andar, etc. En cambio, las respuestas controladas por el sistema nervioso autónomo como el ritmo cardíaco, presión sanguínea, etc. que son involuntarias, normalmente no se consideran como instrumentales. Sin embargo, si mediante aparatos electrofisiológicos se amplifican las señales de forma que la persona reciba retroalimentación sensorial de la realización de la respuesta y de la magnitud de la misma, sí pueden actuar como respuestas instrumentales. Por ejemplo, una persona puede cambiar de forma indirecta el ritmo cardíaco realizando un movimiento o relajándose.

Mediante el condicionamiento instrumental se puede aprender una respuesta nueva que no existe en el repertorio de un organismo, se puede potenciar una respuesta ya existente o se pueden cambiar algunos de sus parámetros como la latencia, la velocidad, frecuencia, etc.

El estímulo reforzador (E^r): es cualquier estímulo que sigue a la respuesta y que aumenta su fuerza (frecuencia, probabilidad, etc.). Un reforzador se define en función de los efectos que tiene sobre la respuesta. Sólo se considera que un estímulo actúa como reforzador si aumenta la fuerza de la respuesta. Si no aumenta su fuerza, no es un reforzador. Un reforzador es todo aquello que "interesa" al sujeto. La comida es un reforzador para una rata privada de comida, el sueldo a final de mes es un reforzador para un trabajador, una alabanza es un reforzador para una persona que ha realizado una tarea de forma brillante o el aprobar una asignatura es un reforzador para el estudiante. A nivel experimental se utilizan como reforzadores normalmente estímulos que tienen que ver con necesidades biológicas básicas como la comida, el agua, la descarga, la estimulación sexual, etc. Si nos fijamos, éstos son los estímulos que hacían las funciones de EI en el condicionamiento clásico.

Hay distintos tipos de refuerzo en función de la variable que estemos considerando. Si tenemos en cuenta la relación de contingencia que se establece entre la respuesta y el estímulo reforzador el refuerzo puede ser positivo (E^{r+})o negativo (E^{r-}). El término contingencia se refiere a la relación causal que se establece entre la respuesta instrumental y el reforzador, medida en términos de probabilidad. Cuando la relación de contingencia es positiva ($R \rightarrow E^r$), la emisión de la respuesta da lugar a la presentación de un refuerzo positivo. El sujeto realiza la respuesta para que aparezca algo que le apetece, que le agrada. Por el contrario, cuando la contingencia es negativa ($R \rightarrow$ ausencia de E^r), la emisión de la respuesta da lugar a la retirada o a la evitación de un estímulo aversivo (el refuerzo negativo). En este caso el refuerzo es negativo. El sujeto realiza la respuesta para que desaparezca algo aversivo (escape) o para que no ocurra (evitación). Así pues, un refuerzo positivo es aquel que el sujeto busca conseguir y que añade algo a la situación. Por ejemplo, la rata presiona la palanca y obtiene comida. Por su parte, un refuerzo negativo es aquel que el sujeto quiere eliminar o evitar y que retira algo de la situación. Por ejemplo, la rata presiona la palanca para escapar de una descarga o para evitarla. Debe quedar bien claro que el efecto que tiene el refuerzo sobre la respuesta que le precede es siempre el aumento de su fuerza, sea el refuerzo positivo o negativo.

Es posible que el término de refuerzo negativo resulte confuso ya que es difícil concebir cómo un estímulo aversivo, es decir, algo desagradable para el sujeto, puede resultar reforzante. Veamos algunos ejemplos que nos pueden ayudar a entender mejor estos términos. Cuando una rata aprieta la palanca en la caja de Skinner y obtiene por ello un premio en comida, la comida es un refuerzo positivo. Sin embargo, cuando la misma rata aprieta la palanca para escapar de una descarga eléctrica o para evitarla, la descarga eléctrica es un refuerzo negativo. Vemos que en el último caso la respuesta interrumpe o impide que se presente un estímulo aversivo. El estímulo aversivo hace aquí funciones de refuerzo negativo. Esto es lo que ocurre en el aprendizaje de escape y evitación.

También conviene distinguir el *refuerzo negativo* del *castigo* ya que en los dos casos se utiliza un estímulo aversivo. Difieren en la relación de contingencia R-E^r y en el efecto sobre la conducta. En el procedimiento de refuerzo negativo ya hemos dicho que se establece una relación de contingencia negativa. Si el sujeto emite la respuesta, no se presenta el estímulo aversivo y se produce un aumento de la fuerza de la respuesta. Por el contrario, en el procedimiento de castigo existe una relación de contingencia positiva. Siempre que el sujeto da la respuesta, se presenta el estímulo aversivo. El resultado de este entrenamiento es una disminución de la fuerza de la respuesta. Así pues, el refuerzo negativo aumenta la fuerza de la respuesta y el castigo la disminuye. El estímulo aversivo puede actuar como reforzador y como castigo dependiendo del efecto que tenga sobre la respuesta. Si produce un aumento de la respuesta, actúa como reforzador y si produce una disminución de la respuesta, como castigo. El estímulo aversivo actúa como reforzador negativo cuando la ejecución de la respuesta lo suprime o impide que se

presente (R → ausencia de estímulo aversivo) y como castigo cuando la ejecución de la respuesta lo presenta (R → presencia de estímulo aversivo). Más adelante en el texto se tratarán los temas del escape, evitación y castigo y se diferenciarán de forma más pormenorizada.

Otra clasificación de los refuerzos es la de *refuerzos primarios* y *refuerzos secundarios*. Los refuerzos primarios son estímulos biológicamente relevantes cuya capacidad reforzante es innata (comida, agua, descarga, estimulación sexual, etc.). Éstos son estímulos que se utilizan comúnmente como reforzadores en los estudios con animales. Los refuerzos secundarios o condicionados son aquellos que han adquirido su valor reforzante a través de la experiencia por asociación con algún refuerzo primario mediante condicionamiento clásico (dinero, aplauso, alabanzas, etc.). Por ejemplo, el dinero está relacionado con varios refuerzos primarios. Con dinero se pueden adquirir muchas cosas: comida, matrícula del curso, casa, etc. "Poderoso caballero es don dinero", decía Quevedo.

La mayoría de los refuerzos que recibimos los humanos son reforzadores secundarios y sólo una pequeña parte constituyen refuerzos primarios. Si una rata aprieta la palanca en la caja de Skinner y obtiene comida a la vez que se suena un timbre, después seguirá apretando la palanca para recibir el sonido del timbre aunque no aparezca la comida. El timbre actuaría como refuerzo condicionado o secundario.

También existen los refuerzos sociales que tienen que ver con aspectos sociales (aprobación, sonrisa, atención, alabanzas, afecto, etc.). Los humanos empleamos especialmente estos refuerzos en la convivencia diaria, independientemente de los contextos en los que nos movamos. Su capacidad como reforzadores se deriva de la conducta de las otras personas.

Otra forma de clasificar los refuerzos es por su origen. Así, hay *refuerzos extrínsecos* o exteriores al organismo y *refuerzos intrínsecos* o interiores del organismo. Son ejemplos de reforzadores extrínsecos en los humanos la comida, el sueldo mensual, aprobar una asignatura, etc., y de refuerzos intrínsecos la autoestima, la motivación de logro, la autonomía, la posibilidad de aprender, la creatividad, el cambio de estimulación, etc.

El estímulo discriminativo (E^d): la respuesta instrumental no se emite en el vacío, sino que se realiza en un contexto o ante un estímulo que señala la ocasión para recibir el refuerzo. Por ejemplo, si introducimos una rata en la caja de Skinner y se enciende una luz durante 10 s que señala la disponibilidad del refuerzo, la rata podrá obtener el refuerzo si presiona la palanca durante ese período de tiempo. Si presiona la palanca cuando no está presente la luz, no recibirá el refuerzo. La rata detecta estas contingencias diferentes y presionará más la palanca cuando esté encendida la luz que cuando esté apagada. Aquí la luz actúa como E^d que señala la ocasión para que la respuesta sea reforzada. Sólo si el sujeto emite la respuesta en presencia del E^d recibirá el refuerzo. Los ejemplos de E^d en la vida real son muchos. Por ejemplo, la entrada del profesor en la clase hace que los alumnos se callen para escuchar la lección, la sirena de una

ambulancia nos alerta del transporte de un enfermo grave cuando circulamos por una carretera, por lo que reducimos la velocidad y nos apartamos a un lado para dejarla pasar. La entrada del profesor y el sonido de la sirena son dos estímulos discriminativos que señalan la disponibilidad del refuerzo (escuchar la lección, en un caso, y dejar pasar a la ambulancia para atender una urgencia médica, en otro). Podemos observar que la respuesta instrumental puede caer bajo el control del estímulo discriminativo. Se trata del control por el estímulo y es un tema importante y muy frecuente en nuestras vidas que abordaremos más adelante.

6.5. Principios básicos del condicionamiento instrumental

6.5.1. Adquisición

La emisión de una respuesta seguida de un estímulo reforzador da lugar a la adquisición de una respuesta nueva o poco frecuente. El reforzamiento de una respuesta produce una asociación entre la respuesta y el reforzador, lo que aumenta la probabilidad de que la respuesta se repita. Cuantos más emparejamientos haya entre los dos elementos asociados ($R\text{-}E^r$), mayor será la fuerza de esa asociación y mayor la fuerza de la respuesta. Por ejemplo, la rata aprende a presionar la palanca en la caja de Skinner cuando la presión de la palanca va seguida de una bolita de comida. Si cada vez que la rata presiona la palanca recibe un refuerzo, es muy probable que esta conducta se repita en el futuro. Cuantas más veces se repita la asociación, mayor será la fuerza de la respuesta.

Para aprender una conducta inexistente o poco frecuente en el repertorio de un organismo, podemos esperar a que el sujeto haga la respuesta por casualidad o podemos entrenarle mediante la técnica del moldeamiento. La primera técnica resulta poco efectiva. En cambio, el moldeamiento se considera muy efectivo para aprender con rapidez. El moldeamiento es la consecución gradual de una respuesta final o meta. Se logra mediante el reforzamiento diferencial de aquellas respuestas que suponen aproximaciones sucesivas a la respuesta final y no reforzamiento de las respuestas iniciales. Si, por ejemplo, queremos que una rata aprenda a presionar la palanca en la caja de Skinner, podemos introducirla en la caja y esperar a que presione la palanca y consiga el refuerzo. Lo más probable es que con esta técnica la rata tarde mucho tiempo en aprenderlo. Sin embargo, si comenzamos a reforzar las respuestas que se aproximan a la conducta final de apretar la palanca, lo lograría en poco tiempo. Antes de iniciar el moldeamiento es necesario realizar una serie de pasos preparatorios. Por ejemplo, en el aprendizaje de presión de palanca por parte de una rata en la caja de Skinner se sigue el siguiente procedimiento. En primer lugar, hay que conseguir una motivación adecuada del animal. Esto se logra reduciendo el consumo diario de comida del animal hasta que llega al 85% de su peso corporal. En segundo lugar, hay que introducir al animal en la caja experimental para que se adapte a las condiciones de la caja. En tercer lugar, hay que

entrenar el animal al acercamiento al comedero. El animal debe saber que hay alimento en la caja para que se motive, explore el entorno y trate de conseguir la comida. Esto se consigue dejando caer una bolita de comida en el comedero de forma intermitente durante unos minutos. En cuarto lugar, hay que establecer una jerarquía de respuestas. El moldeamiento se inicia reforzando primero las respuestas distales de la jerarquía, después las intermedias, a continuación las proximales y por último la respuesta meta (presión de la palanca). Cuando una respuesta se realiza de forma consistente, se deja de reforzar y se pasa a la respuesta siguiente de la jerarquía. Podríamos comenzar reforzando a la rata cada vez que esté delante del comedero, luego cuando se levante sobre sus patas traseras y, por último, cuando presione la palanca.

Si analizamos detenidamente la conducta de presión de la palanca en la caja de Skinner, vemos que la conducta de la rata es mucho más compleja que la simple presión de la palanca. En realidad, la rata realiza una serie de conductas encadenadas. La rata puede acercarse a la palanca, presionarla, acercarse al comedero, comer la bolita de comida y volver a acercarse a la palanca. Esta cadena de respuestas está unida por estímulos discriminativos presentes en cada uno de los pasos. Estos estímulos discriminativos tienen una doble función. Por una parte refuerzan la respuesta anterior y por otra señalan la ocasión para la respuesta siguiente. En realidad, lo que se enseña a la rata mediante el moldeamiento en la caja de Skinner es una combinación de las respuestas de exploración que realiza normalmente el animal en la caja, en una nueva actividad.

¿Cómo se mide la fuerza de la respuesta en el condicionamiento instrumental? Cuando se emplean situaciones de operante libre (por ejemplo, caja de Skinner) se mide en términos de tasa de respuesta, que es el número de respuestas que realiza el sujeto por unidad de tiempo. Por ejemplo, el número de veces que la rata presiona la palanca durante una sesión experimental de media hora, sería la tasa de respuestas conseguida en la sesión de media hora. En otras ocasiones, cuando se emplean ensayos discretos (por ejemplo, en el caso de los laberintos, caja problema, etc.), se utilizan otros índices como la velocidad de carrera, la latencia de respuesta, el tiempo que se tarda en llegar a la meta, el número de errores cometidos si hay varias posibilidades de elección, etc.

6.5.2. Extinción

Desde el punto de vista operacional, la extinción consiste en la retirada del refuerzo. Como consecuencia de ello se interrumpe la relación previa $R\text{-}E^r$ y se produce una disminución progresiva de la fuerza de la respuesta. Es el fenómeno contrario a la adquisición.

La respuesta instrumental puede desaparecer durante un tiempo, pero reaparecer de forma espontánea cuando se expone al sujeto a la misma situación en la que fue reforzado. Esto se denomina *recuperación espontánea* de la respuesta por el paso del tiempo.

La velocidad de la extinción depende del programa de reforzamiento aplicado en la fase de adquisición. Para suprimir una respuesta mediante la extinción se consigue de una forma lenta y puede reaparecer la respuesta con cierta facilidad. Si se quiere que la supresión de la respuesta sea eficaz, habría que reforzar además las respuestas incompatibles con la respuesta a suprimir.

6.5.3. Discriminación

En el entrenamiento de discriminación se presentan varios estímulos y sólo uno de ellos señaliza la disponibilidad del reforzador. Por ejemplo, introducimos una paloma en la caja de Skinner que dispone de dos discos, uno verde y otro rojo. Cuando se ilumina el disco verde (E^d o E+) está disponible la comida y cuando se ilumina el disco rojo (E^Δ estímulo delta o E-) no está disponible. Si el animal picotea el disco verde obtiene la comida y si picotea el disco rojo no la consigue. Aquí la conducta de picoteo está bajo el control de un estímulo discriminativo, el disco verde. Al principio del entrenamiento de discriminación la paloma picoteará por igual a los dos discos, pero luego la tasa de respuestas de picoteo irá aumentando en presencia del disco verde y disminuyendo en presencia del disco rojo. Por ejemplo, nosotros hemos aprendido a levantar la mano para parar un taxi que lleva la luz verde encendida por el día y a no hacerlo cuando la luz está apagada; hemos aprendido a reducir la velocidad del coche cuando circulamos por una carretera donde hay un cartel que señala obras en la vía, en vez de seguir a la misma velocidad. En estos casos, nuestra conducta está bajo el control de un E^d.

6.5.4. Generalización

La generalización es el fenómeno contrario a la discriminación. Cuando se ha establecido una respuesta instrumental ante un determinado E^d, otros estímulos semejantes también adquieren la capacidad de señalizar la disponibilidad del E^r o de controlar la respuesta.

Los fenómenos de la discriminación y de la generalización estimular los trataremos más detenidamente en un capítulo posterior donde se abordará el tema del control por el estímulo.

6.6. Tipos de condicionamiento instrumental

Una respuesta instrumental puede producir la aparición del estímulo reforzador o la no aparición. Si, por una parte se tiene en cuenta la relación de contingencia entre la respuesta y las consecuencias (positiva o negativa), y por otra, las características motivacionales del estímulo reforzador (apetitivo o aversivo), se obtienen 4

procedimientos de condicionamiento instrumental: Entrenamiento de reforzamiento positivo, omisión, castigo y entrenamiento de refuerzo negativo (escape/evitación) (figura 6.7).

En los procedimientos de reforzamiento positivo y de castigo, la emisión de la respuesta da lugar a la presentación de la consecuencia (en un caso apetitiva, en otro aversiva). En los procedimientos de omisión y reforzamiento negativo, la emisión de la respuesta produce una retirada o ausencia de la consecuencia (en un caso apetitiva, en otro aversiva). En los entrenamientos de reforzamiento positivo y negativo se produce un aumento de la fuerza de la respuesta, y en los de omisión y castigo una disminución de la misma.

6.6.1. Entrenamiento de reforzamiento positivo

En el *entrenamiento de reforzamiento positivo* o *recompensa* hay una relación de contingencia positiva entre la R y la consecuencia. La realización de la respuesta produce la presentación del refuerzo positivo y, como resultado, un aumento de la misma. Por ejemplo, la rata presiona la palanca en la caja de Skinner para conseguir comida, el conductor del autobús trabaja para conseguir un sueldo a final de mes o el estudiante estudia la lección para aprobar el examen, etc.

	Consecuencia Apetitiva	Consecuencia Aversiva
Contingencia (+) R-consecuencia. La respuesta presenta la consecuencia.	**REFORZAMIENTO POSITIVO** $R \rightarrow E^{r+}$ [$pR\uparrow$]	**CASTIGO** $R \rightarrow$ E punitivo [$pR\downarrow$]
Contingencia (-) R-consecuencia. La respuesta retira la consecuencia.	**OMISIÓN** $R \rightarrow$ ausencia consecuencia apetitiva [$pR\downarrow$]	**REFORZAMIENTO NEGATIVO** $R \rightarrow$ ausencia consecuencia aversiva o E^{r-} [$pR\uparrow$]

Figura 6.7. Tipos de condicionamiento instrumental en función de la relación de contingencia R-consecuencia y el valor motivacional de la consecuencia.

Desde el punto de vista experimental, para apreciar el efecto del entrenamiento de

reforzamiento positivo se sigue una serie de pasos. En una primera fase se registra la tasa de respuesta espontánea realizada por el sujeto durante un período de tiempo determinado, y en una segunda fase se refuerza al sujeto cada vez que emita la respuesta adecuada. Luego se compara la tasa de respuesta emitida en las dos fases y se ve el efecto del reforzamiento sobre la conducta. Por ejemplo, si se estudia la conducta de presión de palanca de una rata, introducimos al animal en la caja durante un período de tiempo sin recibir refuerzo y medimos la tasa de respuesta ocurrida durante el mismo. Esta tasa de respuesta es la *línea base* de actuación del sujeto. En una segunda fase se inicia el entrenamiento de reforzamiento positivo. La rata es reforzada por presionar la palanca durante el mismo período de tiempo. La tasa de respuesta irá aumentando de forma progresiva hasta que se estabiliza. Transcurrido el período de tiempo se puede comparar la tasa de respuesta de la *línea base* con la tasa de respuesta alcanzada con el entrenamiento de reforzamiento positivo. Si se realiza esta comparación, se observará que el reforzamiento de la respuesta aumenta la frecuencia de ésta.

De una forma general, la mayoría del condicionamiento instrumental se ha estudiado basado en este procedimiento. Siempre que en adelante hablemos de condicionamiento instrumental nos referiremos a este procedimiento, si no se especifica lo contrario.

6.6.2. Omisión

La omisión implica una relación de contingencia negativa entre la respuesta instrumental y la consecuencia. La emisión de la respuesta da lugar a la omisión de una consecuencia apetitiva. El resultado de este entrenamiento es una disminución de la frecuencia de la respuesta. La omisión también recibe el nombre de castigo negativo. A nivel experimental, el procedimiento de omisión tiene dos fases. En una primera fase se enseña al animal a presionar la palanca para obtener comida. Luego, en la fase de omisión, cuando el animal presiona la palanca no recibe la comida (similar a la extinción), pero si no la presiona durante un período de tiempo o presiona una palanca alternativa B, sí recibe la comida. Es decir, la presión de la palanca da lugar a la omisión de la consecuencia apetitiva (comida), y la no presión de la palanca o la presión de una palanca alternativa B sí da lugar a la comida.

También se considera como omisión la retirada de cualquier cosa que interesa al sujeto cuando realiza una determinada conducta. Por ejemplo, si dejamos el coche mal aparcado puede ser que nos pongan una multa. En este caso, la retirada de algo positivo (dinero, puntos, etc.) hace que en adelante procuremos no dejar mal aparcado el coche. Las consecuencias de la conducta las vivimos como un castigo. Observemos que no se retira el refuerzo que mantiene la respuesta de dejar el coche mal aparcado (sería una extinción), sino otro estímulo que interesa al sujeto. La omisión es un buen sustituto del castigo para suprimir conductas y los humanos la utilizamos con mucha frecuencia.

6.6.3. Castigo

En el entrenamiento de castigo hay una relación de contingencia positiva entre la respuesta instrumental y la consecuencia. Cuando el sujeto emite la respuesta recibe un estímulo punitivo. El resultado de este tratamiento es que disminuye la frecuencia de la respuesta. Por ejemplo, si a una rata la entrenamos a presionar la palanca en la caja de Skinner para recibir un premio en comida (R-E^{r+}) y luego le cambiamos la contingencia, de tal forma que cuando presione la palanca recibe una pequeña descarga eléctrica en las patas a través de la parrilla del suelo (R-descarga), la rata dejará de presionar la palanca. Es decir, el castigo (la descarga en este caso) que sigue a la respuesta de presión de la palanca producirá una disminución de la fuerza de la misma.

6.6.4. Entrenamiento de reforzamiento negativo

En el procedimiento de reforzamiento negativo (escape y evitación) hay una relación de contingencia negativa entre la respuesta instrumental y la consecuencia. La ejecución de la respuesta interrumpe o impide que se presente el estímulo aversivo. Por ejemplo, cerramos la ventana del coche porque está entrando la lluvia o nos vacunamos para impedir contraer una enfermedad. Las conductas de cerrar la ventana y vacunarse son conductas instrumentales que interrumpen o impiden la presencia del un estímulo aversivo (en un caso la lluvia y en otro la enfermedad). El estímulo aversivo hace funciones de reforzador negativo que aumenta la frecuencia de las respuestas que le preceden. Así pues, en los procedimientos de escape y evitación aumenta la fuerza de la respuesta.

6.7. Relación respuesta-refuerzo

Ya hemos indicado que en el condicionamiento instrumental hay una relación entre la respuesta y sus consecuencias. En la vida ordinaria de los animales y del hombre hay cosas que suceden independientemente de su conducta, pero muchas otras dependen de lo que ellos hagan. Por ejemplo, la salida del sol por la mañana, el paso del tren cada 5 minutos o el comienzo de la clase a las ocho de la mañana suceden independientemente de nuestra conducta. Conseguir un refuerzo en comida depende de que la rata presione la palanca en la caja de Skinner, salir de la caja problema depende de que el gato tire de una cuerda. En el caso de los humanos, recibir una clase depende de que yo asista a la misma, conseguir un sueldo a final de mes depende de que acuda al trabajo, que sea premiado en la lotería depende de que compre algún billete, etc. En unos casos la probabilidad de que mi conducta vaya seguida de un refuerzo es muy alta (relación trabajar-sueldo a final de mes) y en otros casos la probabilidad es muy baja (relación comprar billete de lotería-premio).

Hay dos variables que influyen en la relación respuesta-refuerzo: la *relación temporal* que hay entre la realización de la respuesta y la aparición del reforzador y la *relación causal* o relación de contingencia entre la respuesta y el reforzador. Si compro un billete de lotería hay una probabilidad baja de que me toque. Ahora bien, si mi billete resulta premiado puedo recoger el premio al día siguiente. Vemos pues, que la relación de contigüidad temporal respuesta-refuerzo y la relación de contingencia son dos variables distintas.

6.7.1. Relación temporal respuesta-refuerzo

Los datos experimentales muestran que los animales y los humanos son sensibles a la relación temporal que hay entre la respuesta y el refuerzo. Todos ellos prefieren el *refuerzo inmediato* al demorado. El refuerzo inmediato facilita la adquisición de la respuesta instrumental y el demorado la retrasa (Anderson y Elcoro, 2007). La relación de contigüidad asegura que el sujeto no realice otras respuestas entre la respuesta adecuada y el refuerzo. Si se demora el refuerzo pueden interponerse otras respuestas u otros estímulos que dificulten la relación entre la respuesta delimitada y el refuerzo.

6.7.2. Relación de contingencia respuesta-refuerzo

La relación de contingencia hace referencia a la relación de probabilidad que hay entre la realización de la respuesta y la consecución del reforzador. La contingencia asegura que el refuerzo sólo se administre ante la respuesta instrumental definida. Un índice habitual de la contingencia es la relación que hay entre dos probabilidades condicionales: la probabilidad de que aparezca el estímulo reforzador cuando el sujeto realiza la repuesta p_1 (E^r/ R) y la probabilidad de que aparezca el estímulo reforzador en ausencia de la respuesta p_2 (E^r/no R). Existe una relación de contingencia cuando ambas probabilidades son distintas. La diferencia entre p_1 y p_2 puede oscilar entre +1 y -1 y los valores suelen ser más o menos positivos o negativos. La relación de contingencia es positiva cuando el reforzador tiene más probabilidad de conseguirse si se realiza la respuesta que si no se realiza ($p_1 > p_2$) y la relación es negativa cuando el reforzador tiene más probabilidad de conseguirse cuando no se realiza la respuesta que cuando se realiza ($p_1 < p_2$). Cuando ambas probabilidades condicionales son iguales ($p_1 = p_2$), no hay relación de contingencia. En este caso, la probabilidad de conseguir el refuerzo es igual si se realiza la respuesta que si no se realiza. El entrenamiento con una administración aleatoria del reforzador produce un retraso en el condicionamiento. Igualmente, el entrenamiento con una estimulación aversiva o apetitiva no contingente retrasa el aprendizaje posterior. En estos casos, los animales aprenden que su conducta es independiente de la consecución del reforzador y dejan de responder.

Si se varía la magnitud de la relación de contingencia dentro de un signo, se produce un cambio en la frecuencia de la respuesta. Por ejemplo, si se eleva la probabilidad de que la respuesta vaya seguida del reforzador, tiende a aumentar la tasa de respuestas y si se disminuye dicha probabilidad, tiende a bajar la tasa de respuestas (Hammond, 1980). Así pues, cuando queramos que alguien aprenda algo, debemos reforzar la respuesta adecuada cada vez que el sujeto la realice y aplicar el refuerzo de forma inmediata a la respuesta. Por el contrario, cuando queramos suprimir una determinada conducta debemos retirar el refuerzo que la mantiene.

6.8. Conducta supersticiosa

Skinner (1948) realizó un experimento con palomas privadas de comida al 75% de su peso corporal. Introdujo a las palomas en sendas cajas de Skinner y les administró comida cada 15 s independientemente de sus respuestas (programa de tiempo fijo). Al cabo de un tiempo, observó su conducta y comprobó que cada paloma estaba realizando una conducta diferente. Una giraba alrededor de sí misma, otra sacudía la cabeza hacia delante y hacia atrás y otra metía la cabeza en una esquina de la caja. Skinner llamó a estas conductas "*supersticiosas*" porque las palomas se comportaban como si hubiera una relación causal entre su conducta y la obtención del refuerzo, cosa que no sucedía. Skinner analizó estas conductas extrañas y llegó a la conclusión de que si el animal realizaba una determinada conducta justo antes de recibir el refuerzo, luego el animal repetía la conducta para conseguir el refuerzo. Como el intervalo entre la administración de un refuerzo y otro era pequeño, la realización de la conducta iba seguida del refuerzo con mucha frecuencia. Estos resultados le hicieron considerar a Skinner que el aprendizaje podía establecerse por la simple ocurrencia accidental de la respuesta y el refuerzo en contigüidad temporal. Los animales se movían por la caja de forma constante y realizaban distintas conductas. Cuando una de esas conductas coincidía de forma accidental con la administración del refuerzo, esa conducta se volvía a repetir porque se asociaba con el refuerzo. Según Skinner, el condicionamiento estaba determinado más por la relación de contigüidad respuesta-reforzador que por la relación de contingencia. ¿Tenía razón Skinner? Muchos datos experimentales obtenidos después de la publicación de su trabajo le quitan la razón. La visión más moderna del condicionamiento instrumental considera que el sujeto se forma una expectativa acerca de la relación que hay entre la respuesta y el reforzador. La relación de contingencia respuesta-reforzador es más importante que la relación de contigüidad.

Pero, ¿las personas también tratan a los sucesos que ocurren al azar como si fueran controlables? La respuesta es que sí. Muchas personas realizan conductas supersticiosas con frecuencia (Bersabé y Martínez Arias, 2000). Por ejemplo, algunas suelen llevar amuletos, vestirse con ropa de un color determinado, cruzar los dedos antes de hacer algo, etc. Son muy conocidas las supersticiones de buena suerte como tocar manera, encontrar un trébol de 4 hojas, etc. También son frecuentes las supersticiones de mala

suerte como romper un espejo, colocar el pan boca arriba, dejar un bolso de mano en el suelo, etc. Aunque las personas pueden realizar estas conductas porque se han relacionado accidentalmente con un reforzador en un determinado momento, el tema probablemente es mucho más complejo. Parece que se trata de un fenómeno de ilusión de control.

6.8.1. Revisión del experimento de superstición de Skinner

Staddon y Silmmelhag (1971) replicaron el experimento de Skinner y registraron de una forma pormenorizada las distintas respuestas que realizaban las palomas durante toda la sesión experimental. Midieron la frecuencia de cada una de las respuestas durante el intervalo comida-comida (véase figura 6.8) y observaron que había unas respuestas que eran más frecuentes cuando se acercaba el momento de recibir la comida y luego disminuían tras la comida. A estas respuestas las llamaron *respuestas terminales* porque ocurrían al final del intervalo entre una comida y otra. Las respuestas terminales tenían que ver con la aparición inminente de la comida y se manifestaban en movimientos de picoteo frente al panel frontal de la caja, cerca del lugar donde se presentaba la comida. Estas respuestas eran muy similares en todas las palomas. Las respuestas terminales son respuestas típicas de la especie que se desencadenan cuando se acerca el momento de recibir la comida.

También había otra serie de respuestas que realizaban las palomas con mucha frecuencia al inicio del intervalo que denominaron *respuestas de ínterin*. Eran respuestas como dar un cuarto de vuelta, moverse a lo largo de las paredes, etc. Estas respuestas podían variar de unas palomas a otras, aunque una misma paloma parecía persistir más en unos movimientos que en otros. Probablemente éstas fueron las respuestas que midió Skinner, aunque están lejos de la aparición de la comida.

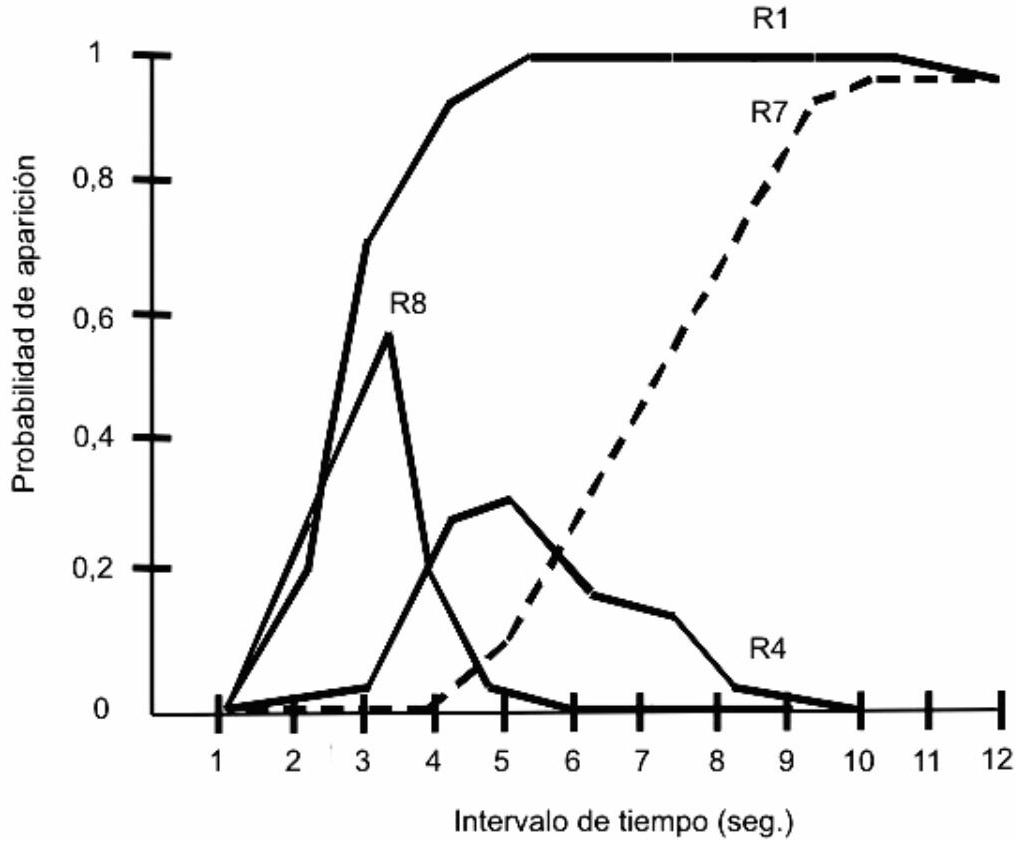


Figura 6.8. Probabilidad de ocurrencia de la respuesta en función del intervalo de tiempo de aparición de la comida. Las respuestas de orientación a la pared del comedero (R1) y las respuestas de picoteo (R7) ocurren al final del intervalo. En cambio, las respuestas de moverse a lo largo de la pared del comedero (R8) y dar un cuarto de vuelta (R4) son respuestas de ínterin (Según Staddon y Simmelhag, 1971).

Staddon y Simmelhag no encontraron datos del efecto del reforzamiento accidental del que hablaba Skinner. El hecho de que apareciera la comida cuando la paloma realizaba una determinada respuesta, no producía el condicionamiento de esa respuesta. Si el reforzamiento funcionara aquí como decía Skinner, las respuestas que deberían haberse aprendido serían las respuestas de acercarse al comedero e introducir la cabeza en el espacio del comedero, porque eran las respuestas más frecuentes en los primeros ensayos. Así pues, en este experimento no hay evidencia de que intervenga ningún proceso de condicionamiento instrumental. Más bien, parece que ocurre un condicionamiento temporal. El paso del tiempo actúa como EC que señala la aparición de la comida. Cuando se acerca el final del intervalo (EC), se suscitan las respuestas terminales. Las palomas aprenden a predecir la aparición de la comida basadas en el paso del tiempo y a suscitar respuestas relacionadas con la comida. Como el inicio del intervalo predice la no aparición de la comida, las palomas se dedican a realizar otro tipo de respuestas que nada tienen que ver con la comida. Las conductas terminales de picoteo parecen estar controladas por contingencias clásicas y no por instrumentales.

Otras investigaciones posteriores han confirmado la existencia de las regularidades

conductuales a lo largo del intervalo cuando se presenta la comida de forma intermitente bajo un programa de tiempo fijo (Silva y Timberlake, 1998). Según la teoría del sistema de conducta, los animales privados de comida y que reciben ésta de forma intermitente, despliegan el sistema de alimentación compuesto por una serie de conductas que tienen que ver con la búsqueda y consecución de la comida. Cada especie animal tiene su sistema propio de conducta de alimentación. Al inicio del intervalo, nada más recibir la comida, los animales realizan respuestas de búsqueda que se centran en torno al comedero. Durante la mitad del intervalo efectúan respuestas de actividad general y al final del intervalo realizan respuestas de búsqueda que se centran en la consecución de la comida.

6.9. Variables que influyen en el condicionamiento instrumental

Existe una serie de variables que influyen en la adquisición y en el mantenimiento de una respuesta. El conocer la forma de operar de estas variables nos ayudará a comprender mejor el funcionamiento del condicionamiento.

6.9.1. Nivel de motivación interna

El nivel de motivación interna del sujeto influye en el aprendizaje. Cuanto más aumenta el nivel de motivación interna, más rápida es la adquisición y mayor la tasa de respuestas conseguida (Dickinson y Balleine, 1994). A nivel experimental, se controla el estado de privación. Se pretende que los animales tengan un determinado nivel de motivación interna o nivel de impulso. Para aumentar su motivación se les priva de una necesidad básica (alimento, agua, acceso a una pareja, etc.). Por ejemplo, cuando se quiere utilizar comida como refuerzo, se reduce el peso corporal del animal en un 15%. Esto se consigue disminuyendo la cantidad diaria de ingesta durante un tiempo. Cuanto más se le prive de comida al animal, más hambre tendrá y más motivado estará para aprender. Además, el nivel de motivación interna interacciona con la motivación del incentivo. Si una rata tiene un nivel de motivación bajo y la entrenamos a presionar una palanca en la caja de Skinner, la rata no presionará más deprisa la palanca aunque le aumentemos la cantidad de comida.

Pero el estado de motivación interna puede limitar el tipo de actividades que realiza el animal. Por ejemplo, un hámster privado de comida aumenta las conductas dirigidas al ambiente (deambular, saltar, etc.) y disminuye otras relacionadas con el aseo (atusarse, acicalarse, etc.). En esta situación, resultaría difícil que realizara la conducta de aseo tras el reforzamiento.

6.9.2. Características de la respuesta

Las características de la respuesta influyen en los resultados del condicionamiento. No todas las respuestas se condicionan con la misma facilidad. Hay algunas respuestas que se condicionan mejor que otras. En el condicionamiento instrumental existen relaciones de *relevancia* entre la respuesta y el refuerzo similares a las que ocurrían en el condicionamiento clásico entre el EC y el EI. Ya Thorndike informó sobre la dificultad de aprender determinadas respuestas mediante el reforzamiento. Había respuestas que eran pertinentes para relacionarse con determinados refuerzos y otras que no. Por ejemplo, los gatos aprendían a tirar de una cuerda para salir de la caja problema, pero no aprendían a bostezar o a rascarse para conseguir comida. ¿Cómo explicar esta diferencia? La respuesta de tirar de la cuerda tiene relación natural con escapar, y la de rascarse con quitar el picor del cuerpo. Si se pide al gato que se rasque para recibir comida, tiene dificultades para establecer esa relación. Thorndike decía que había relaciones de *pertinencia* entre la respuesta y el refuerzo que facilitaban el aprendizaje y relaciones de no pertinencia respuesta-refuerzo que lo dificultaban.

Quizás las personas que informaron de forma más evidente sobre el fenómeno de la relevancia fueron el matrimonio Breland. Estos autores tenían un negocio de adiestramiento de animales para las exhibiciones de los circos, anuncios publicitarios, películas, etc. Los animales eran adiestrados siguiendo los principios del reforzamiento formulados por Skinner en su libro titulado *The behavior of organisms*. Pero se encontraron con un problema en su trabajo: el reforzamiento no siempre funcionaba. En un experimento clásico titulado *The misbehavior of organisms* (Breland y Breland, 1961), en referencia al libro de Skinner, informaron de cómo algunos animales tenían especial dificultad para aprender determinadas cadenas de respuestas. En un experimento realizado con cerdos, los animales eran entrenados a coger con la boca una moneda de madera e introducirla en la ranura de una hucha en forma de cerdo. Los animales eran reforzados por realizar esta cadena de respuestas siguiendo la técnica del moldeamiento. Ocurría que los animales aprendían con facilidad a introducir la moneda de madera en la hucha, pero cuando el entrenamiento estaba avanzado, aparecían algunas conductas que interferían con la conducta final. Los cerdos cogían la moneda con la boca, hociqueaban con ella, la tiraban al aire, etc. y podían pasar varios minutos entretenidos con estas conductas antes de introducir la moneda en la hucha o incluso no introducirla. Estas conductas específicas de la especie se repetían una y otra vez sin recibir refuerzo por ello, prefiriéndolas a las conductas reforzadas. En un principio, los Breland sospecharon que tales conductas podrían deberse a la falta de motivación de los animales. Entonces aumentaron la privación de los animales y observaron luego su conducta. El resultado fue que los animales seguían hociqueando con la moneda por el suelo en vez de introducirla en la hucha para recibir el refuerzo. También informaron de resultados similares con otras especies como los mapaches o los pollos. Los autores llamaron a estas conductas *maladaptativas* (*misbehavior*) porque iban en contra de los principios del reforzamiento. Consideraban que estas conductas eran similares a las mostradas por los animales de forma instintiva ante la comida. Explicaron que el entrenamiento con comida suscitaba una serie de conductas instintivas en los animales que dominaban sobre la conducta

reforzada por el experimentador. Las conductas maladaptativas de los cerdos son específicas de la especie y las realizan normalmente cuando se relacionan con comida.

La explicación actual de este fallo del condicionamiento instrumental es distinta a la de los Breland: hoy se considera que se produce un aprendizaje nuevo que interfiere con el viejo. Las respuestas maladaptativas son conductas apetitivas condicionadas clásicamente. Los cerdos aprenden a asociar las señales de comida (la moneda) con la comida misma (EI). Por eso, cuando se presenta la moneda a los animales (EC), se comportan con ella como si fuera la comida misma (juegan con la moneda, la muerden, etc.), en vez de introducirla en la ranura de la hucha y recibir el refuerzo. La presencia de la moneda señala la comida y suscita conductas de búsqueda y consumo de comida. Es decir, el condicionamiento clásico interfiere con el condicionamiento instrumental. Sean estas conductas innatas o condicionadas, el hecho es que interfieren en el condicionamiento instrumental (Timberlake, Wahl y King, 1982).

El fenómeno de la relevancia R-E^r se ha observado en diferentes especies animales. Además, no sólo ocurre en el entrenamiento de recompensa, sino también en el control aversivo de la conducta. Herrsntein (1969) ha observado que las ratas aprenden con facilidad a correr de un compartimento a otro de la caja de vaivén para escapar de una descarga eléctrica y, sin embargo, tienen mucha dificultad en aprender a presionar una palanca en la caja de Skinner. ¿Cómo explicar esto? La aplicación de una descarga desencadena respuestas de defensa específicas de la especie. La respuesta natural de una rata ante un estímulo aversivo es correr o saltar, pero no presionar una palanca. Si la respuesta de escape o evitación que tiene que aprender un animal forma parte de las pautas de defensa típicas de la especie, se facilitará el condicionamiento instrumental. Por el contrario, si la respuesta reforzada no forma parte de las pautas innatas de respuesta, se aprenderá con más dificultad. Hay restricciones biológicas propias de la especie que influyen en que determinadas asociaciones se realicen con más facilidad que otras.

6.9.3. Magnitud del refuerzo

La magnitud del refuerzo es otro factor que influye en el aprendizaje instrumental. Cuanto mayor es la cantidad y calidad del refuerzo, mayor es la motivación del incentivo. Desde el punto de vista adaptativo resulta ventajoso para los organismos obtener el máximo refuerzo de sus conductas. En un experimento clásico realizado por Crespi (1942) se entrenó a 3 grupos de ratas a recorrer un corredor recto para obtener comida. Los distintos grupos recibieron 64, 16 o 4 bolitas de comida por llegar a la meta. El resultado fue que la velocidad de carrera estaba relacionada con la cantidad de bolitas de comida recibida. Cuanto mayor fue el refuerzo, mayor la velocidad de carrera (véase figura 6.9). A mayor premio, mayor motivación del incentivo y mayor actuación. Otras investigaciones han aportado datos en relación a la idea de que la tasa de respuestas aumenta cuando se incrementa la magnitud de refuerzo (Volkert, Lerman, y Vorndran, 2005). En los sistemas de *operante libre* la magnitud del reforzador interacciona con el

programa de reforzamiento utilizado (Reed, 1991).

La intensidad del reforzador negativo también influye en la actuación de los sujetos. En el aprendizaje de escape hay una relación directa entre la intensidad del estímulo reforzador y la velocidad de la respuesta de escape. En cambio, en el aprendizaje de evitación el efecto de la intensidad del estímulo reforzador es dispar y parece interaccionar con la dificultad de la tarea (Theios, Lynch y Lowe, 1960). Theios y cols. informaron que el aumento de la magnitud del refuerzo producía un aprendizaje de evitación más rápido y con una tasa de respuestas mayor cuando la tarea era simple (evitación en un sentido) que cuando era compleja (evitación en dos sentidos). Otros autores han encontrado que si la intensidad del estímulo reforzador es alta, se dificulta la adquisición de la respuesta de evitación (Tobeña, 1979). También se dificulta este aprendizaje cuando se trata de tareas complejas, como la presión de palanca en la caja de Skinner. Se ha observado igualmente que hay una relación directa entre intensidad del castigo y la supresión de la respuesta. El castigo es más eficaz para suprimir una respuesta cuando es más intenso.

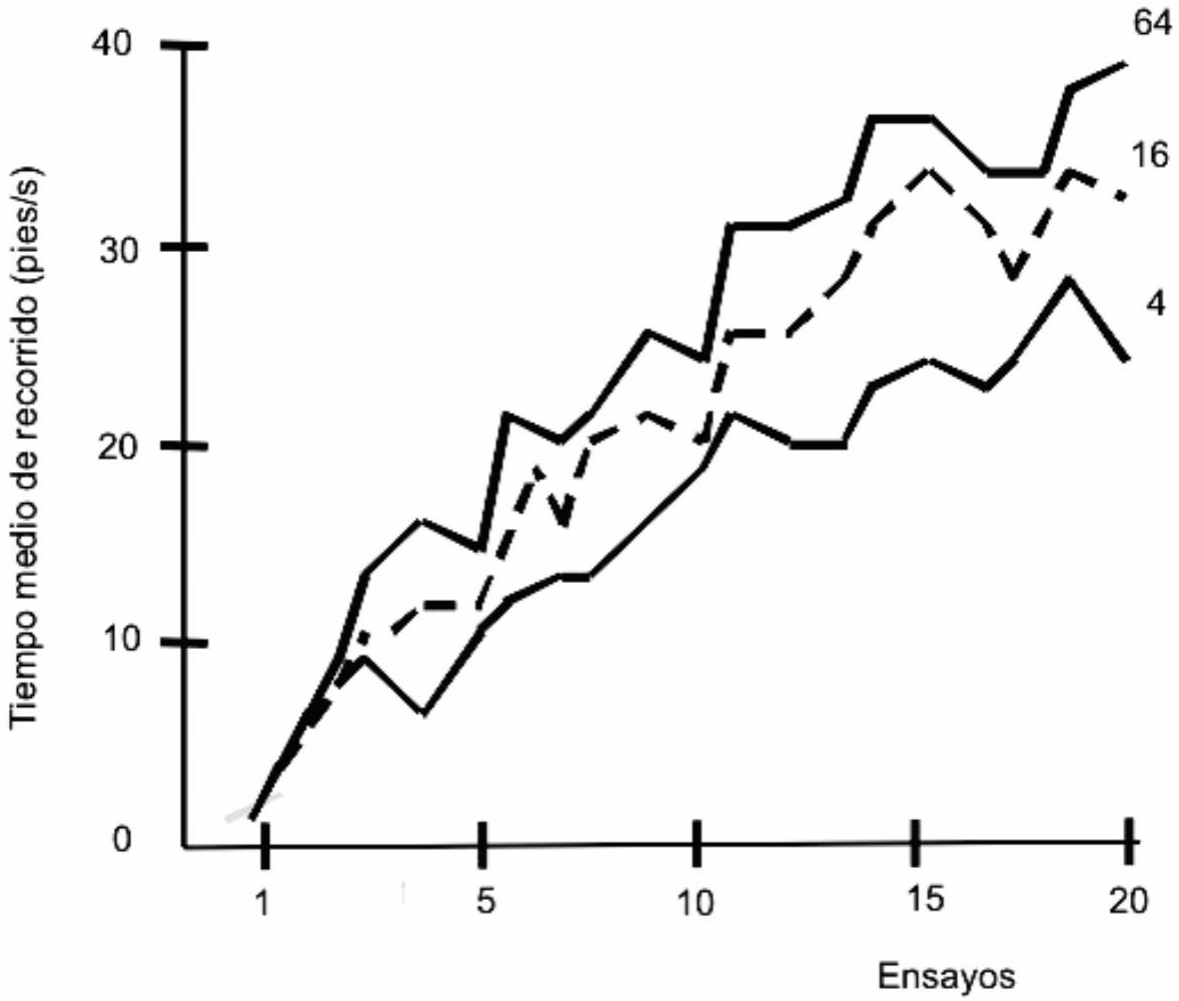


Figura 6.9. Velocidad media de carrera de 3 grupos de ratas en función de la magnitud del refuerzo (64, 16 ó 4 bolitas de comida) (Según Crespi, 1942.)

6.9.4. Demora del refuerzo

La demora del refuerzo se refiere al período de tiempo que transcurre desde que el sujeto realiza la respuesta hasta que recibe el refuerzo (R-demora-E^r). Cuanto más largas sean las demoras, más se dificulta el condicionamiento instrumental, y cuando son cortas, más se facilita (Anderson y Elcoro, 2007). Cuando las demoras son muy largas no se produce el condicionamiento. Los estímulos y las respuestas que ocurren durante el período de demora del refuerzo pueden interferir en el condicionamiento. Por eso, la demora del refuerzo dificulta el condicionamiento instrumental al deteriorar la contigüidad R-E^r y al interactuar otros sucesos durante el período de demora. En algunos estudios se han presentado estímulos externos durante el período de demora (por ejemplo, un tono, una luz, etc.), y el efecto ha sido la eliminación de los déficits producidos en el aprendizaje. No está claro por qué los estímulos externos mejoran la ejecución de la respuesta. Probablemente estos estímulos actúen como reforzadores secundarios al ir seguidos del refuerzo. Cuando el período de demora es muy corto, los sujetos reciben dos refuerzos casi a la vez, el secundario y el primario.

6.9.5. Efectos de contraste del refuerzo

La conducta de los animales es sensible a los cambios en la magnitud del refuerzo. Cuando se cambia la magnitud del refuerzo de forma brusca, aparecen cambios transitorios en la ejecución del sujeto (Flaherty, 1996). En un experimento clásico realizado por Crespi (1942), tres grupos de ratas fueron entrenadas en recorrer un *corredor recto* para obtener un premio en comida. En la primera fase, un grupo de ratas fue reforzado con un refuerzo grande por llegar a la meta (64 bolitas), otro grupo con un refuerzo moderado (16 bolitas) y un tercero con un refuerzo pequeño (4 bolitas). En la segunda fase, se cambió la magnitud del refuerzo en dos de los grupos. El primer grupo entrenado con un refuerzo grande pasó a un refuerzo pequeño (cambio de 64 a 16 bolitas) y el grupo tercero, entrenado con un refuerzo pequeño, pasó a un refuerzo grande (cambio de 4 a 16 bolitas). El grupo entrenado con un refuerzo moderado continuó con el mismo refuerzo (16 y 16 bolitas en las dos fases). El resultado se puede apreciar en la figura 6.11. En la primera fase, la velocidad de carrera fue proporcional a la magnitud del refuerzo. En la segunda fase, el grupo de ratas que cambió de un refuerzo grande a uno pequeño disminuyó de repente la velocidad de carrera, incluso por debajo del nivel de respuesta del grupo control que no experimentó devaluación del reforzador. Este cambio se denomina *efecto de contraste negativo*. Por el contrario, el grupo que cambió de un refuerzo pequeño a uno grande, aumentó de repente la velocidad de carrera, incluso por encima del grupo control que fue reforzado con 16 bolitas todo el tiempo. Este cambio se denomina *efecto de contraste positivo*. Vemos que el cambio de actuación de los animales en la segunda fase no se debió a la magnitud del refuerzo (los 3 grupos recibieron 16 bolitas), sino a la experiencia previa que tenían con

el refuerzo. La devaluación y reevaluación brusca del reforzador fue el responsable de los cambios producidos.

Estos efectos de contraste han sido encontrados en otras investigaciones posteriores que variaron la cantidad y calidad de los reforzadores (Flaherty, y Williams, 1997; Pelegrini y Mus-taca, 2000). En los estudios que se emplean reforzadores líquidos, los animales cambian, por ejemplo, de una solución azucarada del 32% a otra de 4%. En estos casos se mide el número de lamidos que realizan. El resultado de este tratamiento es que los animales disminuyen de forma brusca la conducta de beber, en comparación con los animales que siempre son alimentados con una solución al 4%. Es decir, se produce el efecto de contraste negativo.

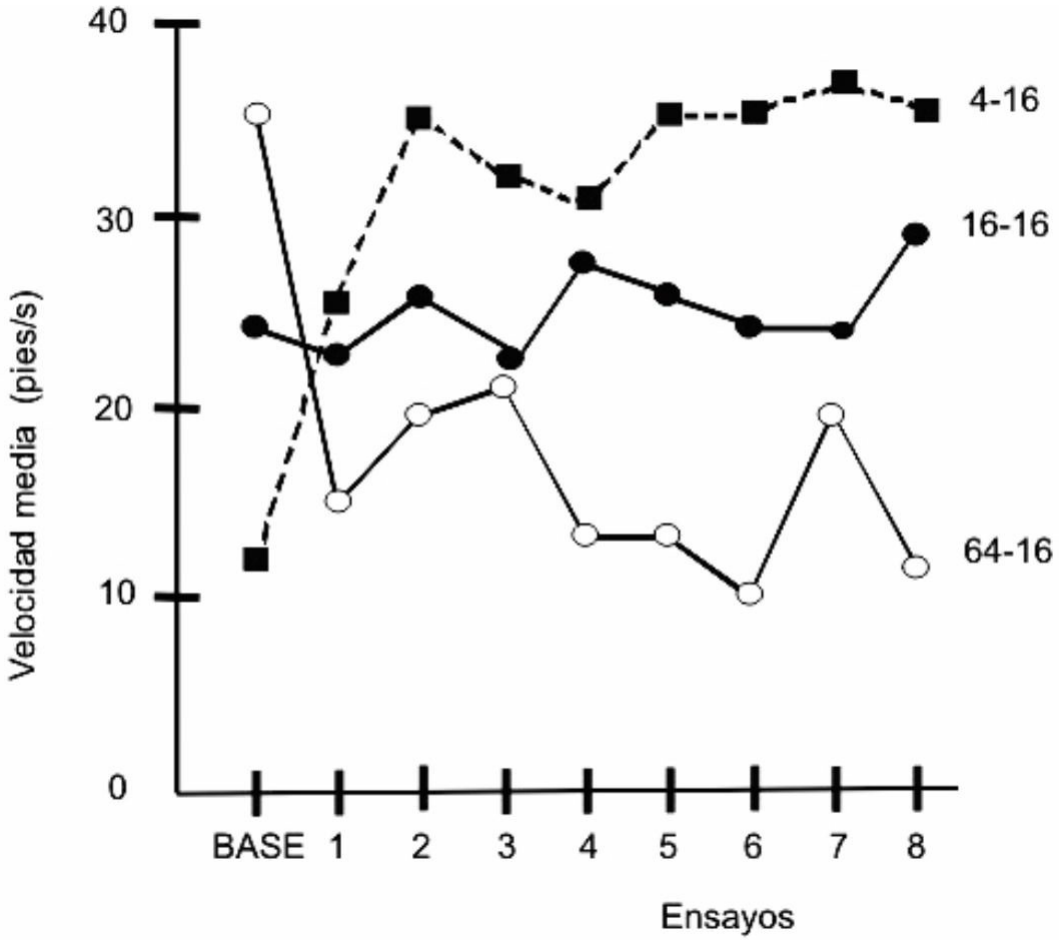


Figura 6.10. En una primera fase, tres grupos de ratas fueron reforzados con 4, 16 o 64 bolitas por llegar a la meta en un corredor recto. En la segunda fase, se cambió la cantidad de refuerzo (todos los grupos recibieron16 bolitas) y se midió la velocidad de carrera. La gráfica muestra los resultados de la segunda fase donde aparecen los efectos de contraste positivo (grupo 4-16) y contraste negativo (grupo 64-16) (Según Crespi, 1942).

Así pues, podemos decir que la magnitud del refuerzo es una variable que afecta a la actuación del sujeto. Sin embargo, la experiencia previa con el refuerzo va a modificar

la actuación ante un determinado refuerzo en ese momento, como ponen de relieve los experimentos sobre contraste. Además, los sujetos parecen anticipar la magnitud del refuerzo en función de la experiencia anterior con el mismo.

6.10. Resumen

El condicionamiento instrumental es un tipo de aprendizaje asociativo en el que la conducta está controlada por sus consecuencias (aprendizaje R-E^r). Se trata de un aprendizaje en el que el sujeto realiza la conducta para conseguir algo que le interesa o para suprimir y evitar algo que le molesta. El sujeto también puede suprimir una conducta para no ser castigado. La conducta del sujeto tiene un objetivo, está dirigida-a-una-meta.

El paradigma del condicionamiento instrumental consta de 3 elementos: la *respuesta*, el *estímulo reforzador* o refuerzo y el *contexto* donde ocurren estos sucesos o *estímulo discriminativo* ($E^d \rightarrow R \rightarrow E^r$). Una respuesta instrumental se adquiere reforzándola cada vez que ocurre y se extingue retirando el refuerzo que la mantiene. Mediante la técnica del moldea-miento se aprende antes la respuesta. Esta técnica consiste en el reforzamiento diferencial de las respuestas que se aproximan a la respuesta meta.

Hay distintos tipos de condicionamiento instrumental en función de la relación de contingencia R-consecuencias y el carácter motivacional del reforzador: reforzamiento positivo, omisión, castigo y reforzamiento negativo (escape, evitación). En los procedimientos de reforzamiento positivo y negativo se produce un aumento de la fuerza de la respuesta y en la omisión y el castigo una disminución de la misma.

En el condicionamiento instrumental se establece una relación de contingencia R-E^r. La relación de contingencia hace referencia a la relación de probabilidad que hay entre la realización de la respuesta y la consecución del reforzador. Si se eleva la probabilidad de que la respuesta vaya seguida del reforzador, tiende a aumentar la tasa de respuestas y si se disminuye dicha probabilidad, tiende a disminuir la tasa de respuestas. A veces nos comportamos como si hubiera una relación causal entre la conducta y la obtención del refuerzo, y en realidad no la hay. Algunas personas realizan conductas supersticiosas como si con ello fueran a conseguir el refuerzo.

Algunas variables influyen en el condicionamiento instrumental, unas dependen del sujeto y otras de la respuesta y del refuerzo. El nivel de motivación del sujeto influye en el aprendizaje. Existen relaciones de *relevancia* entre la respuesta y el refuerzo. Determinadas respuestas se relacionan mejor con determinados refuerzos que otras. A veces se producen respuestas maladaptativas por la interferencia de determinadas características específicas de la especie. El nivel del refuerzo también influye en el aprendizaje. De forma general, cuanto mayor es el refuerzo, mayor es la actuación del sujeto. Cuanto más inmediato a la respuesta sea el refuerzo, mayor es el aprendizaje y cuanto más se demore, peor es el aprendizaje. Cuando se cambia la magnitud del

refuerzo de forma brusca se producen cambios transitorios en la frecuencia de la respuesta y se denominan efectos de contraste. Se produce un efecto de *contraste positivo* cuando se cambia la magnitud del refuerzo de pequeño a grande y hay un aumento de la fuerza de la respuesta por encima de lo esperado y un *efecto de contraste negativo* cuando se cambia la magnitud del refuerzo de grande a pequeño y se produce una disminución de la fuerza de la respuesta por debajo de lo esperado.

7
Programas de reforzamiento

7.1. Introducción

En el capítulo anterior vimos cómo se adquiría una conducta instrumental mediante el reforzamiento. En el presente capítulo vamos a estudiar cuáles son las condiciones que determinan el que una conducta se repita. La mayoría de las conductas que realizan los animales y los humanos a lo largo del día son repeticiones de conductas aprendidas. Por ejemplo, para venir a clase solemos realizar siempre la misma ruta, a pesar de que haya otras rutas alternativas. Preferimos venir por un determinado camino porque es más corto y más breve o porque el medio de transporte pasa con una frecuencia fija. ¿Qué es lo que hace que algunas conductas permanezcan durante mucho tiempo? La respuesta es el programa de reforzamiento que mantiene a la conducta. Según sea el programa de reforzamiento que utilicemos, la frecuencia de la respuesta será mayor o menor. Su estudio ha permitido saber los factores que controlan el mantenimiento y ejecución de una respuesta ya aprendida.

Los programas de reforzamiento *son reglas* que determinan la forma y el momento en que se reforzará una respuesta (Fester y Skinner, 1957). La manera de aplicar el refuerzo puede estar en función de un número determinado de respuestas, de un intervalo de tiempo, de la presencia o no de ciertos estímulos, etc. Los programas de reforzamiento se suelen estudiar en la caja de Skinner porque permite el registro continuo de la conducta. El registro acumulativo proporciona una representación gráfica de la frecuencia de la respuesta y del número de reforzadores conseguidos.

Los programas de reforzamiento tienen un gran interés práctico en distintos ámbitos de la vida ya que actúan como sistemas de motivación del sujeto. Por ejemplo, la forma de pago de un empresario a un trabajador puede hacerse mediante un sueldo mensual, mediante el pago por unidad producida o trabajo a destajo, mediante la entrega de una parte del sueldo de forma fija y otra variable en función de la consecución de objetivos, etc. Un profesor puede reforzar a sus alumnos siempre que realicen la tarea de forma correcta o hacerlo de vez en cuando. Según sea la forma de aplicar el refuerzo, así será la frecuencia de una determinada conducta.

7.2. Programas simples de reforzamiento

Estos programas sólo tienen en cuenta un factor para determinar el reforzamiento de la respuesta: la frecuencia del reforzamiento. Según sea la frecuencia del reforzamiento, hay dos tipos de programas: continuo e intermitente (véase figura 7.1).

	En función de las respuestas o del tiempo	
Contingencia del reforzamiento	RAZÓN Número de RR emitidas	INTERVALO Período de tiempo transcurrido
FIJA	**RF**	**IF**
VARIABLE	**RV**	**IV**

Figura 7.1. Programas simples de reforzamiento.

En el *programa de reforzamiento continuo* (RFC) se refuerzan todas las respuestas que realiza el sujeto. Hay una relación 1:1 entre la respuesta y el reforzador. Este programa se caracteriza porque da lugar a una adquisición rápida de la respuesta y una tasa de respuestas moderada y constante. Cuando queramos que alguien aprenda algo, debemos reforzarle cada vez que realiza la respuesta adecuada. Por ejemplo, si queremos enseñar a una rata a presionar una palanca en la caja de Skinner, debemos reforzarle siempre que apriete la palanca.

Según corre el programa, el animal va saciándose por lo que disminuye progresivamente la frecuencia de la respuesta. Hay pausas breves tras cada reforzamiento que corresponden al tiempo que el animal dedica a ingerir la comida. La retirada del refuerzo produce una extinción rápida.

Esta forma de reforzamiento no es frecuente fuera del laboratorio. En el ambiente natural de los animales y en la vida cotidiana de los humanos el reforzamiento no se produce cada vez que se realiza la conducta. Por el contrario, la mayoría de las veces las conductas son reforzadas de forma intermitente o parcial.

Los *programas de reforzamiento intermitente o parcial* pueden ser de *razón* o de *intervalo*. En los programas de *razón*, el refuerzo se administra después de un

determinado número de respuestas. Hay una relación entre el número de respuestas y el número de refuerzos que se consiguen. Los programas de razón pueden ser fijos (razón fija o RF) o variables (razón variable o RV). En los programas de *intervalo* el reforzamiento está en función de un intervalo de tiempo. Cuando se cumple el intervalo de tiempo, el refuerzo está disponible. Esto quiere decir que el intervalo de tiempo especifica cuándo está disponible el refuerzo, no cuándo se entrega. La primera respuesta que realice el sujeto, una vez cumplido el intervalo, será reforzada. Los programas de intervalo también pueden ser fijos (intervalo fijo o IF) o variables (intervalo variable o IV).

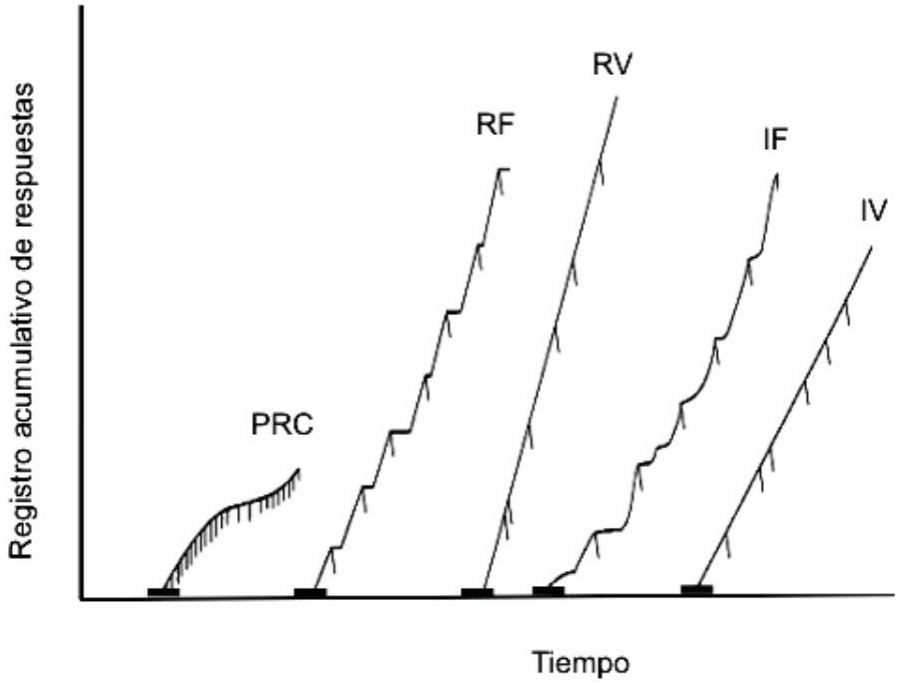


Figura 7.2. Registro acumulativo de presión de la palanca de una rata con distintos programas simples de reforzamiento. PRC: reforzamiento continuo; RF: razón fija; RV: razón variable; IF: intervalo fijo; IV: intervalo variable (Según Williams, 1988).

El programa de *razón fija* (RF) se caracteriza porque el sujeto debe realizar un número fijo de respuestas para recibir el refuerzo. Por ejemplo, un programa de RF 5 significa que el refuerzo se administra cada 5 respuestas realizadas. Hay una relación 5:1 entre la respuesta y el refuerzo. En el programa de RF 1 hay una relación 1:1 respuesta-refuerzo, por lo que constituye un programa de reforzamiento continuo. El programa de razón fija proporciona una tasa de respuestas alta mientras dura la razón. Tras recibir el refuerzo hay una *pausa post-reforzamiento* que se manifiesta en el registro acumulativo con un *patrón festoneado*. La pausa es más larga si el requisito es mayor. La frecuencia de la respuesta en cada requerimiento de razón se denomina *carrera de razón*. Por ejemplo, en un programa de RF 5, la carrera de razón se refiere a la velocidad con que

realiza las 5 respuestas. En los programas de razón fija la carrera de razón es alta y estable. Cuando se pasa de una razón fija baja a otra alta, disminuyen las respuestas. Este efecto se denomina *tensión de razón*. Por ejemplo, si se pasa de un programa de RF 5 a un programa de RF 50, el sujeto deja de responder durante un tiempo. Otra característica del programa de razón es que la retirada del refuerzo produce una extinción rápida, aunque no tanta como el RFC. Un ejemplo de este programa es el trabajo a destajo. Un trabajador que trabaja a destajo es recompensado en función de las unidades o tareas realizadas. Cuantas más unidades realice en una jornada de trabajo, más cobrará. Por eso, el trabajador se esforzará y trabajará más para recibir mayor recompensa.

El programa de *razón variable* (RV) se caracteriza porque el número de respuestas requerido para conseguir el refuerzo cambia de una ocasión a otra, oscilando alrededor de un promedio. Un programa de RV 5 indica que el sujeto debe realizar un promedio de 5 respuestas para ser reforzado. Unas veces aparecerá el refuerzo cada 5 respuestas, otras cada 7 respuestas, otras cada 3 respuestas, etc. Este programa genera una tasa de respuestas alta y estable. Si los programas de RF y RV tienen el mismo promedio de respuestas, la tasa de respuesta es bastante similar. Un ejemplo de este programa sería los juegos de azar. Una persona que está jugando en una máquina tragaperras recibe el refuerzo unas veces después de introducir 5 monedas en la ranura, otras después de introducir 10 monedas y otras más tras meter sólo 2. Es decir, el número de respuestas requerido para conseguir el premio es variable. No se producen pausas post-reforzamiento y si aparecen son más cortas que en los programas de RF. La carrera de razón es más estable que en los programas de RF. Una característica importante de estos programas es que la extinción es lenta.

El programa de *intervalo fijo* (IF) especifica el intervalo de tiempo a partir del cual estará disponible el refuerzo. El intervalo entre un refuerzo y otro es fijo. Un programa de IF 30 s especifica que el refuerzo está disponible transcurridos 30 s desde el último refuerzo conseguido. Así, la primera respuesta que realice el sujeto después de los 30 s será reforzada. Tras el reforzamiento comienza a contar el intervalo. El programa de IF genera una tasa de respuestas baja. Una de las características del programa es que el sujeto realiza la mayoría de las respuestas en el último tercio del intervalo, cuando está cercana la disponibilidad del refuerzo. Una vez recibido el refuerzo, el sujeto se dedica a realizar otras respuestas distintas a la respuesta reforzada. Los sujetos son capaces de contar el tiempo y utilizan el paso del tiempo como E^d para responder. Una característica de este programa es que la extinción es rápida. Cuando se retira el refuerzo, se extingue rápidamente la respuesta. Un ejemplo de IF sería el programa de lavado de una lavadora. Cada ciclo de lavado requiere un tiempo. Terminado el ciclo de lavado está disponible el refuerzo: sacar la ropa ya limpia. Otro ejemplo que tiene bastante parecido con el programa de IF, es la programación de exámenes en la Universidad. Se suelen hacer uno o varios exámenes a lo largo del curso y se fija la fecha desde el inicio. El resultado de esta forma de evaluación es que las horas dedicadas al estudio aumentan conforme se acerca la fecha de los exámenes.

Los programas de *intervalo variable* (IV) se caracterizan porque el intervalo de tiempo que marca la disponibilidad del refuerzo es impredecible. Hay un intervalo promedio tras el cual está disponible el refuerzo. Sólo se refuerza al sujeto si realiza la respuesta instrumental cumplido el intervalo. Por ejemplo, un programa IV 30 s indica que el refuerzo está disponible con un intervalo promedio de 30 s. Unas veces estará disponible tras 40 s, otras tras 20 s, etc. Este programa genera una tasa de respuestas moderada y estable. Una característica importante es que la extinción es lenta. Un ejemplo de un programa de IV sería el tiempo que tarda una persona en conseguir un taxi cuando sale a la calle en una ciudad. Los taxis pasan con una frecuencia irregular y la persona tiene la oportunidad de parar el primer taxi libre que pase.

A modo de resumen podemos decir que los programas de razón producen mayor tasa de respuestas que los de intervalo. En los programas de razón la tasa de respuestas está relacionada con la tasa de reforzamiento por lo que el sujeto responde deprisa para obtener más refuerzos y de forma más rápida. En cambio, en los programas de intervalo la tasa de respuestas es menor porque la respuesta es reforzada sólo después de cumplido el intervalo. No hay una relación directa entre la tasa de respuestas y la tasa de reforzamiento. Por muchas veces que la rata presione la palanca durante el intervalo, no recibirá el refuerzo hasta que éste se cumpla. A su vez, los programas variables generan más tasa de respuestas que los fijos (RF < RV e IF < IV).

Los programas fijos se extinguen más fácilmente que los programas variables homónimos (RF más rápido que RV e IF más rápido que IV). Los programas variables parecen ser más estables que los fijos. Los programas fijos (RF e IF) producen pausas post-reforzamiento y una acumulación de las respuestas hacia el final del intervalo. A su vez, los programas variables (RV e IV) no tienen pausas post-reforzamiento tan acusadas y son más estables que los fijos homónimos (RF e IF).

7.3. Programas de reforzamiento de tasas de respuestas

En estos programas de reforzamiento el sujeto tiene que responder con una determinada tasa de respuestas para recibir el refuerzo. De esta forma, se puede entrenar al sujeto a responder deprisa o a responder despacio. Hay dos tipos de programas de tasas de respuestas: programa de *reforzamiento diferencial de tasas altas* y programa *de reforzamiento diferencial de tasas bajas*.

El programa de *reforzamiento diferencial de tasas altas* (RDA) especifica que una respuesta será reforzada sólo si ocurre en un intervalo de tiempo desde la respuesta anterior. Hay una cantidad máxima de tiempo que debe pasar entre dos respuestas antes de que se administre el refuerzo. Por ejemplo, un programa RDA 5 s especifica que el refuerzo sólo se administra si el tiempo que pasa entre una respuesta y otra es menor de 5 s. Si el intervalo entre una respuesta y otra es mayor de 5 s, no se recibe el refuerzo. De esta forma, el programa proporciona una tasa de respuesta alta y el sujeto aprende a responder de forma rápida. Fuera del laboratorio podemos observar este programa en

muchas situaciones. Por ejemplo, en un entrenamiento de atletismo se refuerza al atleta sólo si realiza una serie de 200 m en 30 s. Otro ejemplo sería si se selecciona para un campeonato sólo a aquellos atletas que logren una determinada marca. Para lograr la marca los atletas deberán correr muy deprisa. Si tardan más que la marca fijada, no son reforzados. Dentro del ámbito laboral también se pueden encontrar algunos ejemplos de programas RDA. Uno de ellos puede ser el trabajo en una cadena de montaje de automóviles. La cadena se mueve a una velocidad determinada y el trabajador dispone de un tiempo máximo para realizar una serie de tareas. El trabajador sólo será reforzado si realiza las tareas especificadas en el tiempo fijado.

También se puede entrenar al sujeto a responder de forma lenta con un programa de *reforzamiento diferencial de tasas bajas* (RDB). Este programa especifica que una respuesta será reforzada si ocurre después de un cierto tiempo desde la respuesta anterior. Tiene que pasar un período de tiempo mínimo entre dos respuestas para recibir el refuerzo. Por ejemplo, un programa de RDB 5 s indica que una respuesta será reforzada si transcurren al menos 5 s desde la respuesta anterior. Como el sujeto tiene que espaciar las respuestas al menos cada 5 segundos, el programa proporciona una tasa de respuesta baja y estable. Por esta razón el programa se suele emplear como línea base de actuación en algunos estudios. Por ejemplo, se emplea en la primera fase de la supresión condicionada para estabilizar la respuesta instrumental de presión de palanca.

7.4. Programas compuestos

Los programas compuestos son dos o más programas de reforzamiento que operan uno tras otro. Hay cuatro formas básicas de programas compuestos dependiendo de si los programas ocurren en un orden fijo o aleatorio y si hay un E^d o no que señalice el comienzo de un programa: tándem, mixto, encadenado y múltiple.

Un programa *tándem* está compuesto por dos programas simples que se presentan en un orden fijo y el refuerzo se recibe al finalizar los dos programas. Un programa *mixto* está compuesto por dos programas que se presentan de forma aleatoria y al finalizar ambos se recibe el refuerzo. Un programa *encadenado* es aquel en el que los programas se presentan en un orden fijo y al finalizar el primer programa se presenta un E^d del siguiente programa. Este programa se suele utilizar en estudios de demora del reforzamiento. Un programa *múltiple* es aquel en el que se presentan dos o más programas de forma aleatoria y cada uno de ellos va señalizado por un E^d. Este programa se utiliza en estudios de discriminación.

7.5. Programas concurrentes: La conducta de elección

En los programas concurrentes están disponibles dos o más alternativas de respuesta de

forma simultánea y el sujeto puede elegir una de las dos en cualquier momento. Cada alternativa de respuesta está mantenida con un programa de reforzamiento. Por ejemplo, una paloma puede elegir entre picotear el disco A mantenido con un programa de IV 30 s o hacerlo en el disco B con un programa de IF 10. ¿Qué disco preferirá? ¿Cómo distribuirá las respuestas en cada una de las alternativas? ¿Cómo influirá el programa de reforzamiento en la elección de un disco u otro? ¿Qué leyes gobiernan la conducta de elección? Estas preguntas son las que pretenden responder los estudios con programas concurrentes (véase Herrnstein, 1997).

Los animales en el medio natural no se limitan a realizar una sola respuesta, sino siempre están eligiendo entre varias alternativas de respuesta. La habilidad para realizar elecciones correctas entre varias opciones de respuesta es crucial para su supervivencia. Se ha observado en múltiples estudios que los animales son capaces de variar rápidamente su conducta cuando cambia con frecuencia la contingencia del reforzamiento. También los humanos nos comportamos de forma similar. Desde que nos levantamos hasta que nos acostamos, estamos constantemente realizando elecciones. Elegimos qué actividad hacer hoy y cuál dejar para mañana, optamos entre ver la TV o leer un libro, entre estudiar e ir al cine, entre comprar en un sitio o en otro, entre hacer una cosa o hacer otra. Cualquiera de las elecciones que hagamos está bajo un programa de reforzamiento determinado. El abordaje de la conducta de elección en humanos resulta complejo porque podemos elegir entre muchas alternativas posibles. Pensemos por un momento las cosas que podemos hacer nada más levantarnos. Analicemos luego el refuerzo que podemos conseguir y el programa de reforzamiento que mantiene la opción elegida. Veremos que son muchas las respuestas posibles y varios los programas de reforzamiento que las mantienen. Por esta razón los investigadores prefieren utilizar animales y pruebas simples en las que concurren dos alternativas de respuesta. Normalmente se utilizan las cajas de Skinner en las que los animales pueden elegir entre dos alternativas, cada una de ellas mantenida con un programa de reforzamiento determinado. Los estudios sobre la conducta de elección y toma de decisiones suelen emplear los programas de reforzamiento de IV y RV, y los animales aprenden a seleccionar la respuesta reforzada con más frecuencia. En los programas de IV cada una de las alternativas es reforzada con diferentes intervalos promedio, independientemente de la frecuencia de la elección.

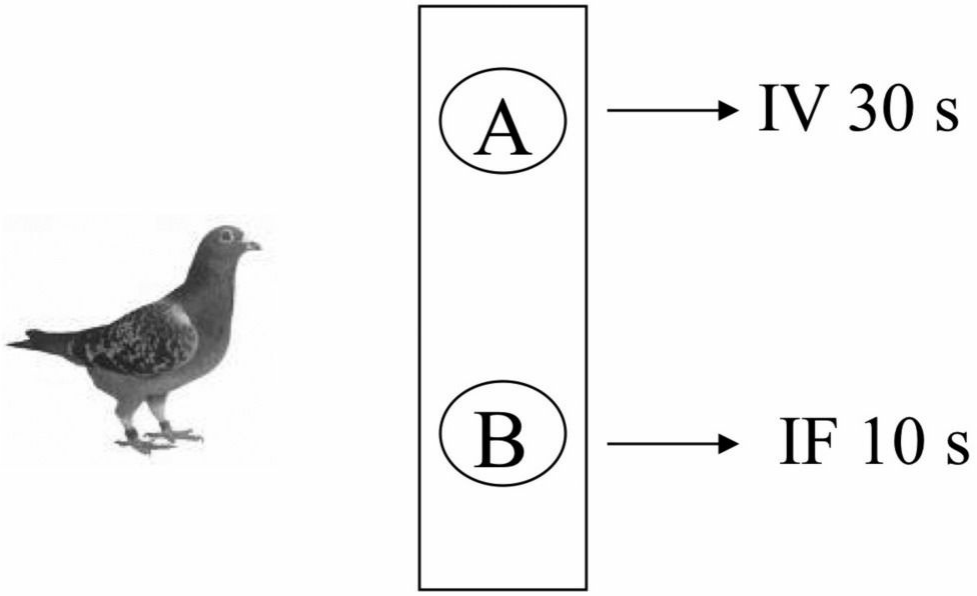


Figura 7.3. Programas concurrentes. La paloma puede elegir entre picotear la tecla A que está mantenida con un programa de IV 30 s o la tecla B que está mantenida con un programa de IF 10 s.

¿Cómo se mide la conducta de elección? Una forma común es medir la *tasa relativa de respuestas* de cada una de las alternativas y la *tasa de reforzamiento*. La tasa relativa de respuestas en cada alternativa es igual al número de respuestas de una alternativa partido por la suma de las respuestas de las dos alternativas. Por ejemplo, la tasa relativa de respuestas de la alternativa A es igual a:

$$R_A = R_A/(R_A+R_B) \qquad [7.1]$$

Una razón de 0,5 indica que las respuestas se distribuyen por igual en las dos alternativas. Si la razón es mayor de 0,5, la tasa de la alternativa A es mayor que la tasa de la alternativa B, y si la razón es menor de 0,5, ocurre lo contrario.

La *tasa relativa de reforzamiento* conseguido en cada una de las alternativas es igual al número de reforzadores de una alternativa partido por la suma de los reforzadores de las dos alternativas. Por ejemplo, la tasa relativa de reforzadores de la alternativa A es igual a:

$$r_A = r_A/ (r_A+r_B) \qquad [7.2]$$

Herrnstein (1961) realizó un experimento con palomas en el que los animales podían elegir entre dos programas de IV concurrentes que operaban de forma independiente (IV-IV). La tasa máxima de refuerzo que podían conseguir estaba establecida en 40/hora. El entrenamiento diario fue efectuado a lo largo de casi un mes y se midió la tasa de respuestas de picoteo y el número de reforzadores conseguidos en cada una de las alternativas. Al final del entrenamiento el resultado fue que había una

gran igualdad entre la tasa relativa de respuestas realizadas y el número de reforzadores conseguidos. El porcentaje de respuestas de cada alternativa era similar al porcentaje de refuerzos. Es decir, se igualaba el número de respuestas con el número de refuerzos. Luego Herrnstein estudió otros programas concurrentes de IV y observó que las palomas también distribuían las respuestas de forma que la tasa relativa de respuestas se ajustaba a la tasa relativa de reforzamiento. Esta relación se denomina *ley de igualación*. La relación se expresa midiendo la tasa relativa de respuestas de cada alternativa (R_A y R_B) y la tasa relativa de refuerzos conseguidos en cada alternativa (r_A y r_B). La fórmula de la ley de igualación describe la relación entre la tasa relativa de respuestas y de refuerzos y se expresa de la siguiente forma:

$$R_A/(R_A+R_B) = r_A/(r_A+r_B) \qquad [7.3]$$

También se puede utilizar una fórmula más simple en la que las tasas de respuesta y de reforzamiento de una alternativa se enuncian como una proporción de la tasa de respuesta y tasa de reforzamiento en la otra alternativa:

$$R_A/R_B = r_A/r_B \qquad [7.4]$$

La *ley de igualación* se expresa diciendo que la *tasa relativa de respuesta se iguala a la tasa relativa de reforzamiento*. Es decir, el tipo de programa de reforzamiento de cada alternativa influye en la distribución de las respuestas. Por ejemplo, si entrenamos a una paloma a picotear una tecla "A" que está mantenida con un programa IV 30 s (r_A = 2 refuerzos / minuto) y otra tecla "B" que está mantenida con un programa IV 60 s (r_B = 1 refuerzo / minuto): ¿Qué alternativa preferirá? ¿Distribuirá por igual las respuestas entre las dos alternativas? ¿Responderá al azar entre las dos alternativas? La ley de igualación predice que la paloma distribuirá las respuestas en función del programa de reforzamiento ($R_A/R_B = r_A/r_B = 2/1 = 2$). El resultado es que la paloma picotea el doble de veces la alternativa A que la B.

En algunos casos la igualación no es perfecta y la tasa relativa de respuestas no se ajusta a la tasa relativa de reforzamiento. Por ejemplo, a veces la conducta de elección tiene una sensibilidad reducida a la tasa relativa de reforzamiento, como ocurre en la *infra-igualación*. En este caso la igualación es inferior a lo esperado. En otras ocasiones, la igualación no se consigue porque la tasa relativa de respuestas es más sensible de lo esperado a la tasa relativa de reforzamiento según la ley de igualación, como ocurre en el caso de la *supra-igualación*. La igualación es superior a lo esperado. Por eso, se añaden dos parámetros para ajustar más la relación: *b* y *s*.

$$R_A/R_B = b(r_A/r_B)^S \qquad [7.5]$$

El parámetro "*s*" de la ecuación [7.5] representa la *sensibilidad* de la conducta de elección a las tasas relativas de reforzamiento. Cuando se cumple la ley de igualación y la tasa relativa de respuesta se iguala a la tasa relativa de reforzamiento, el valor de

exponente *s* es igual a 1. Para corregir el problema de la infla-igualación, el valor del exponente *s* debe ser menor que 1, por lo que disminuye el valor de las tasas relativas de reforzamiento. Por el contrario, para corregir el problema de la supra-igualación, el valor del exponente *s* debe ser mayor que 1, por lo que aumenta el valor de las tasas relativas de reforzamiento. El parámetro *sensibilidad* hace referencia a variables como la dificultad del cambio de una alternativa a otra, el esfuerzo del cambio, la especie animal considerada, etc.

El parámetro "*b"* de la ecuación [7.5] hace referencia al *sesgo* de la respuesta. En los estudios de la conducta de elección, normalmente las respuestas de cada una de las alternativas son las mismas. Por ejemplo, a las palomas se les pide picotear un disco en las dos alternativas. Sin embargo, en algunos casos las respuestas de las dos alternativas son distintas. Por ejemplo, se le puede exigir a una paloma picotear una tecla y pisar un pedal. También constituye un sesgo cuando se aplica un reforzador diferente en cada alternativa y hay una preferencia por uno de los reforzadores. Por ejemplo, a una paloma le reforzamos en una alternativa con bolitas de granulado y en la otra con granos de trigo. Cuando no existe ningún sesgo, el valor de *b* es igual a 1. Según sea el sesgo, el valor de *b* puede ser mayor o menos que 1.

La ley de igualación no sólo se refiere a cómo los organismos distribuyen sus respuestas en una situación de elección en función de la frecuencia de reforzamiento de cada una de las alternativas, sino que se extiende a otros aspectos del reforzador. La tasa relativa de respuesta también se iguala a la cantidad de refuerzo, a la duración del refuerzo, a la demora del refuerzo, etc.

¿Cuáles son los mecanismos de la ley de igualación? Esta cuestión ha sido muy debatida y ha dado lugar a distintas teorías. La idea general de estas teorías es que los sujetos distribuyen las respuestas en cada una de las alternativas para conseguir el *máximo número de refuerzos en cada situación*. Existen tres mecanismos de elección para explicar la *maximización*: la *maximización molecular*, la *molar* y el *mejoramiento*. La visión molecular da prioridad al análisis momento a momento mientras que la visión molar apoya el análisis de actividades más amplio (una o varias sesiones). Ambas posiciones han sostenido controversias más o menos fundamentales y han guiado la investigación durante mucho tiempo. La teoría del mejoramiento es una posición intermedia entre las dos anteriores. La escala temporal en la que opera el mejoramiento está entre las teorías molar y molecular.

La teoría *molecular* de la maximización sostiene que los sujetos eligen la alternativa que tenga más probabilidades de ser reforzada en ese momento. Por ejemplo, si se entrena a unas palomas con programas concurrentes de IV iguales y simultáneos (IV-IV), los animales cambiarán de una alternativa a otra cuando aumente la probabilidad de reforzamiento en esa alternativa. Las palomas picotearán en la alternativa A hasta conseguir el refuerzo y luego irán a la alternativa B porque la probabilidad de que esté disponible el refuerzo en ese momento es mayor. Los resultados experimentales no siempre apoyan la explicación molecular ya que la igualación se consigue sin que haya una maximización momento a momento.

La propuesta *molar* de la maximización considera que los sujetos distribuyen sus respuestas entre una y otra alternativa con el fin de obtener a la larga el máximo número de refuerzos. El sujeto elige aquello que es mejor a largo plazo. Esta teoría se centra en el estudio de las conductas de elección que realizan los sujetos durante un período de tiempo largo (una o varias sesiones de entrenamiento). La hipótesis molar puede explicar la elección de los sujetos en programas concurrentes con dos componentes de razón. Por ejemplo, si se expone a unas palomas a picotear dos discos, el disco A mantenido con un programa de reforzamiento RF 5 y el disco B con otro de RF 20, los animales se quedarán picoteando en el disco A que requiere 5 respuestas para conseguir el refuerzo y dejarán de picotear el disco B que requiere picotear 20 veces. De esta forma obtienen mejor rendimiento de su trabajo. Aunque esta hipótesis explica muchos resultados experimentales de los estudios de elección, hay otros que tiene dificultades en hacerlo. Por ejemplo, en un programa concurrente RV-IV, el máximo beneficio lo podría conseguir el sujeto si concentra la mayoría de las respuestas en la alternativa RV y realiza respuestas sólo de forma ocasional en la alternativa IV. Sin embargo, los resultados experimentales muestran que los animales prefieren la alternativa RV, pero menos de lo esperado según la hipótesis de la maximización molar.

La teoría del *mejoramiento* opera en una escala de tiempo intermedia entre las teorías molecular y molar. El sujeto elige aquello que es *mejor en esta situación*, no lo que sea mejor en el momento (teoría molecular) o a largo plazo (teoría molar). La teoría tiene en cuenta la *tasa local* de respuesta y de reforzamiento. Las *tasas locales* se calculan en función del tiempo que dedica el sujeto a cada una de las alternativas de respuesta. Si el sujeto dedica 20 s a la alternativa A y en ese tiempo realiza 10 respuestas, la tasa local de respuestas de la alternativa A será igual al número de respuestas realizadas en esa alternativa dividido por el tiempo empleado (0,5/s en el ejemplo). La tasa local de respuesta de una alternativa es siempre mayor que la tasa global. Por ejemplo, se pueden realizar 100 respuestas en una alternativa durante una sesión de una hora (100/hora) o realizarlas en sólo 15 minutos que el sujeto estuvo dedicado a esa alternativa (400/hora). La teoría del mejoramiento sostiene que los sujetos cambian de una alternativa a otra para mejorar la tasa local de reforzamiento que están obteniendo. De esta forma los sujetos igualan la tasa local de respuestas a la tasa local de reforzamiento. Las evidencias experimentales de esta teoría son numerosas, pero también tiene sus problemas. La conducta de elección es un tema complejo y los investigadores siguen estudiándolo y aportando pruebas a unas y otras teorías.

7.6. Programas concurrentes encadenados

Hay situaciones de la vida cotidiana donde la elección de una alternativa lleva emparejada una consecuencia a largo plazo o hace que otra alternativa no esté disponible. Por ejemplo, un joven cuando acaba el bachillerato puede elegir entre ponerse a trabajar y con ello conseguir un dinero que le permita independizarse (refuerzo pequeño inmediato)

o ir a la Universidad a estudiar una carrera y obtener un título que posiblemente le proporcionará mejor sueldo (refuerzo grande demorado). Un estudiante puede quedarse en la cama una hora más por la mañana (refuerzo inmediato pequeño) o acudir a clase para desarrollar determinadas competencias profesionales (refuerzo grande demorado). Las dos alternativas son incompatibles. Si elige ponerse a trabajar no podrá estudiar. Si se queda en la cama, no podrá desarrollar unas competencias profesionales. Estas elecciones entre refuerzos pequeños inmediatos y grades demorados son muy comunes en la vida cotidiana de las personas.

Los programas concurrentes encadenados de reforzamiento implican dos fases. La primera fase se denomina *fase de elección* y el sujeto tiene que elegir entre dos alternativas de respuesta (A o B) que le da acceso a uno de los dos programas simples de reforzamiento. La respuesta de elección en esta fase no es reforzada. La segunda fase se denomina *fase terminal*. El sujeto accede a uno de los dos programas de reforzamiento y las respuestas son reforzadas. La elección de la alternativa A o B le obliga al sujeto a permanecer con un determinado programa hasta el final. Es una *elección con compromiso* (véase figura 7.4).

Una vez realizada la elección, el programa terminal se comporta como si fuera un programa simple de reforzamiento. Fijémonos en la figura 7.4. Si la paloma elige la alternativa A, la respuesta será reforzada con un programa de RF 5 en la fase terminal, y si elige la alternativa B, la respuesta será reforzada con un programa de RV 5.

El refuerzo que mantiene la conducta de elección del animal entre la alternativa A y B en la primera fase es un estímulo que está asociado con el programa de reforzamiento elegido en la fase terminal (RF 5 o RV 5, en el ejemplo) y no tanto un reforzador primario. El color del disco que señala cada uno de los programas de reforzamiento de la fase terminal se convierte en estímulo reforzador secundario porque está siempre presente cuando el animal recibe el refuerzo. ¿Cuál de los dos programas prefieren las palomas, el de RF o el de RV? Los datos experimentales muestran que las palomas prefieren el programa de reforzamiento de RV antes que el de RF. Siguiendo el ejemplo, las palomas preferirían ser reforzados con un programa de RV 5 que con uno de RF 5.

Los programas concurrentes encadenados se han utilizado para estudiar el tema del auto-control y la impulsividad de la conducta tanto en los animales como en los humanos. Las preguntas que se suelen plantear en estas investigaciones son del siguiente tipo: ¿Se prefiere conseguir un refuerzo pequeño ahora o uno grande después? ¿Prefiero comer un pedazo de chocolate que me apetece mucho ahora, o no comer nada dulce para tener un cuerpo esbelto en el verano? A nivel experimental, el *autocontrol* se define como la elección de un refuerzo demorado grande frente a uno inmediato pequeño y la *impulsividad* la elección de un refuerzo inmediato pequeño frente a otro demorado grande.

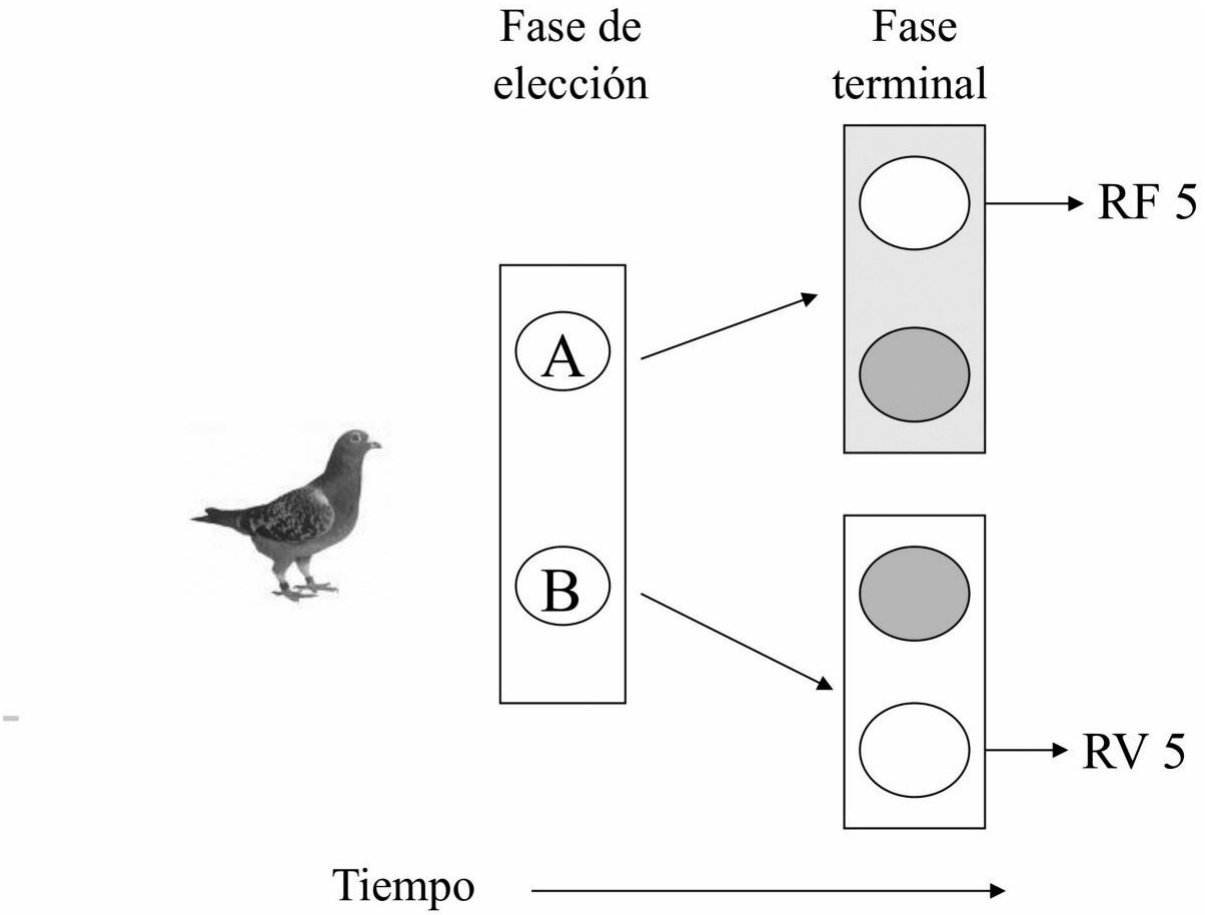


Figura 7.4. Programa concurrente encadenado. La respuesta de picoteo en la fase de elección determina el programa de reforzamiento posterior (RF 5 o RV 5) en la fase terminal.

Green, Fisher, Perlow y Sherman (1981) realizaron un experimento con palomas en el que los animales podían elegir entre picotear un disco rojo (A) y obtener un refuerzo pequeño de forma inmediata o hacerlo en un disco verde (B) y conseguir un refuerzo mayor pero demorado 4 s. El resultado fue que los animales preferían el refuerzo inmediato pequeño al demorado grande. Es decir, las palomas no mostraban autocontrol, sino una conducta impulsiva. En otra de las condiciones del experimento, los dos reforzadores eran demorados: el reforzador pequeño se demoraba 2 s y el reforzador grande 6 s. Se mantenía una demora de 4 s entre reforzadores, la misma que en el experimento anterior. Sin embargo, el resultado fue que las palomas preferían el refuerzo grande demorado al pequeño demorado. Es decir, los animales mostraban autocontrol. Estos datos indican que se prefiere el reforzador pequeño cuando se aplica de forma inmediata frente al grande demorado (conducta impulsiva), pero cuando los dos reforzadores son demorados, se prefiere el reforzador grande al pequeño aunque la demora de éste sea mayor (conducta de autocontrol). El efecto de la demora del reforzamiento se ha visto que es un factor importante en la conducta de elección en los animales (Mazur, 2000). Con frecuencia la conducta de elección de los humanos también

es impulsiva, aunque los estudios muestran que las personas adultas responden más con autocontrol que con impulsividad.

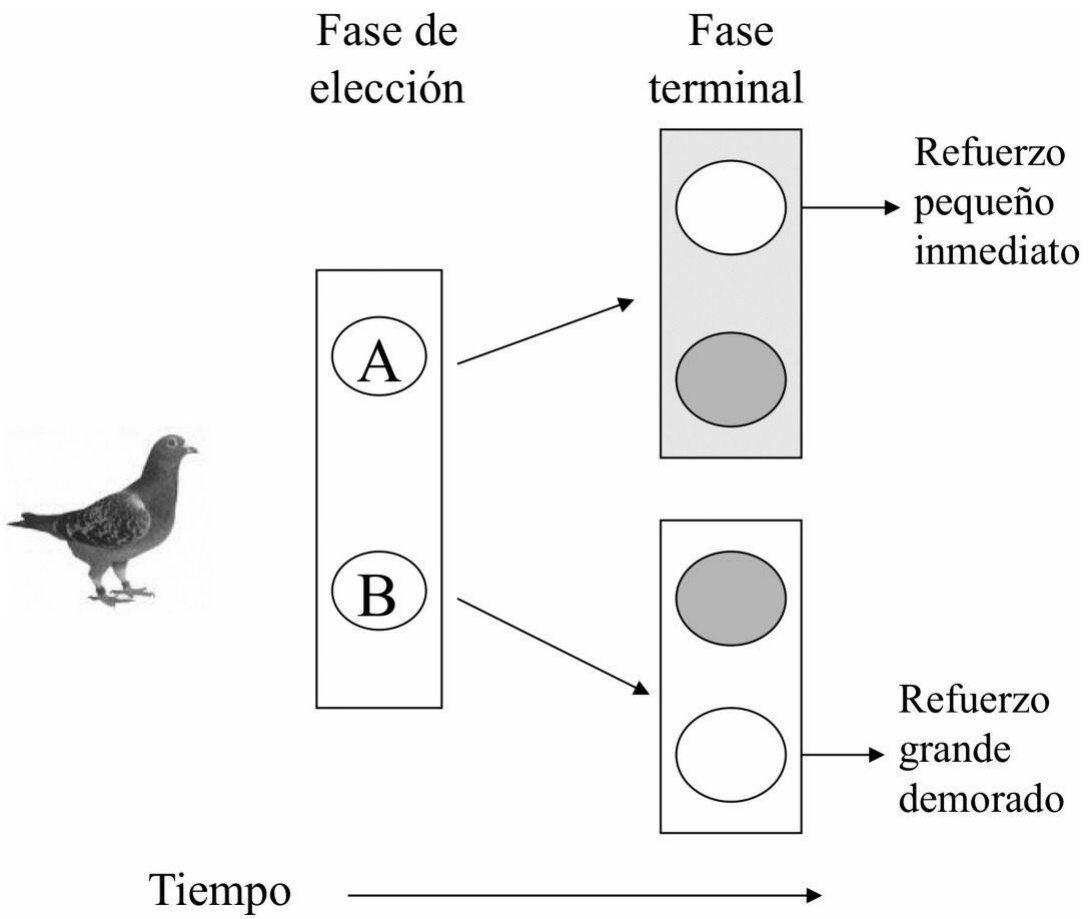


Figura 7.5. Programa concurrente encadenado. La respuesta de picoteo en la fase de elección permite acceder en la fase terminal a un reforzamiento inmediato o a uno demorado.

Estos datos indican que la elección que realizan los sujetos depende del valor relativo de los dos refuerzos. El valor de cada refuerzo disminuye en función del tiempo que se tarda en presentar. Es decir, el valor del refuerzo disminuye como una función hiperbólica de su demora. La función matemática que describe esta disminución se denomina *función des-contadora del valor*.

$$V = M/(1+KD) \qquad [7.6]$$

Según la fórmula, el valor de un refuerzo (V) es igual a su magnitud (M) dividido por su demora (D). El parámetro K representa la tasa descontadora. La ecuación [7.6] se denomina *función de decaimiento hiperbólico* (Rachlin, 2006). Cuando el refuerzo se entrega de forma inmediata a la respuesta (D = 0), el valor del refuerzo está en función de su magnitud. Cuanto más grande es el refuerzo, mayor es su valor. Por el contrario,

cuanto más se demora el refuerzo, menor es su valor.

Como se ilustra en la figura 7.6, se puede emplear la *función descontadora del valor del refuerzo* para explicar el tema del autocontrol. La magnitud del refuerzo viene representada en el eje vertical. Una línea vertical representa un refuerzo pequeño con un valor bajo y la otra un refuerzo grande con un valor alto. El tiempo se representa en el eje horizontal. T1 y T2 representan dos momentos de elección. Las líneas más horizontales representan la función descontadora de cada uno de los refuerzos. Si el sujeto realiza la elección en el momento T1, hay una espera muy corta para recibir el refuerzo pequeño y una espera larga para recibir el refuerzo grande. En el momento T1 el valor del refuerzo pequeño inmediato es mayor que el del refuerzo grande demorado, porque el valor del refuerzo disminuye en función de su demora. La predicción del modelo indica que si la elección se realiza en T1 el sujeto elegirá el refuerzo pequeño inmediato. Se puede observar que a medida que aumentan las demoras del refuerzo, se cruzan las funciones descontadoras. Si el sujeto realiza la elección en el momento T2, la demora del refuerzo es larga. En este caso, el valor del refuerzo grande es mayor que el del refuerzo pequeño. El modelo predice que el sujeto elegirá el refuerzo grande demorado. Vemos, pues, cómo la función descontadora del valor del refuerzo explica los datos experimentales de Green *et al*. (1981) comentados antes.

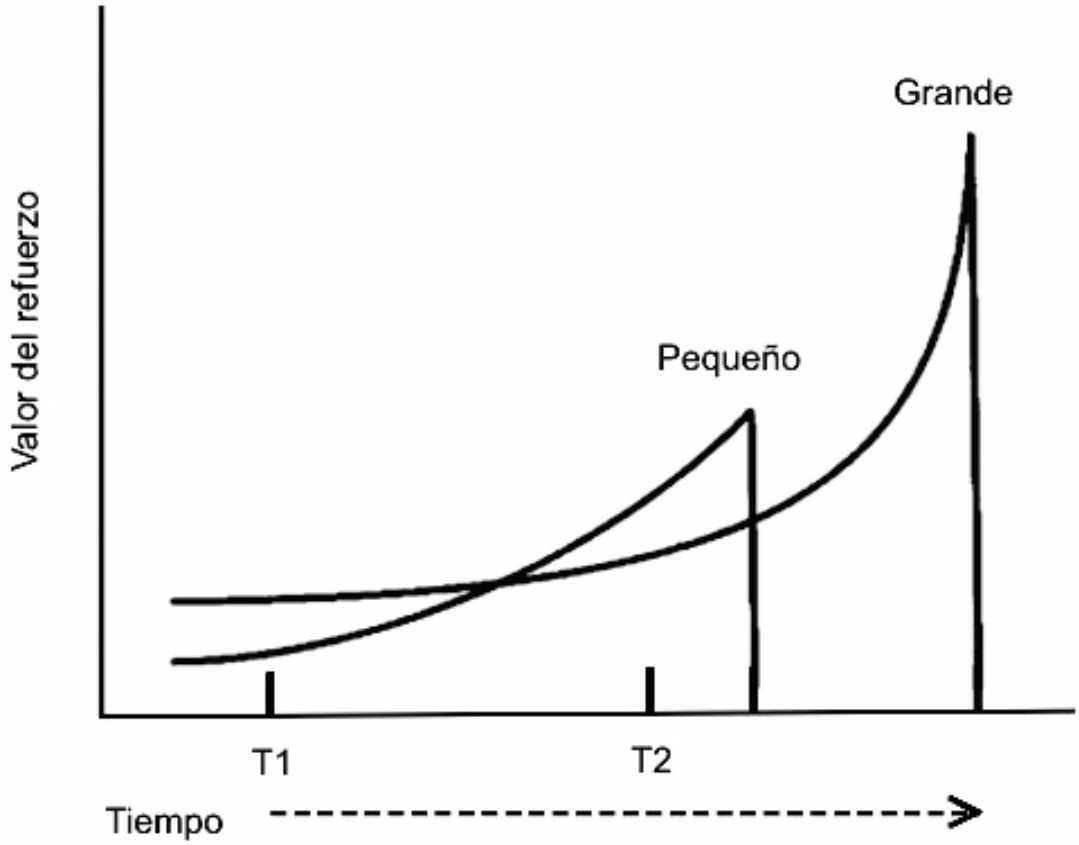


Figura 7.6. Representación hipotética del valor de dos refuerzos que difieren en magnitud y en demora. El valor de un refuerzo depende de la longitud de su demora. En el momento T1, el refuerzo pequeño inmediato tiene más valor que el refuerzo grande demorado. En este caso el sujeto elegirá el refuerzo pequeño inmediato. En el

momento T2, el refuerzo grande demorado tiene más valor que el refuerzo pequeño demorado. En este caso el sujeto elegirá el refuerzo grande demorado.

El tema del autocontrol también se ha estudiado en situaciones de abuso de droga (Johnson, Bickel y Baker, 2007). Los consumidores de drogas prefieren un "subidón" inmediato de una droga a un comportamiento prosocial reforzado a largo plazo. Se ha comprobado que los pacientes dependientes de la cocaína muestran mayores tasas de descuento que los sujetos normales. Es decir, prefieren refuerzos pequeños inmediatos a refuerzos grandes y demorados. Las personas con adicción a las drogas son más impulsivas que los sujetos normales. Kenny (2007) ha señalado que el consumo excesivo de drogas puede producir una disminución de la actividad de los sistemas cerebrales de refuerzo que se refleja en un elevado umbral de autoestimulación intracraneal en ratas, probablemente por la intervención de mecanismos compensatorios que contrarrestan los efectos de la droga. Este autor sugiere que el consumo compulsivo de drogas puede desarrollarse en respuesta a tales disminuciones adaptativas en los sistemas de refuerzo cerebrales.

7.7. Teorías del reforzamiento

Como se indicó en el primer capítulo, la teoría del aprendizaje de Thorndike era una teoría del refuerzo. Thorndike consideraba que el refuerzo creaba un estado de satisfacción que sellaba la relación E-R. Estableció la ley del efecto que indica que las respuestas que van seguidas de consecuencias satisfactorias tienden a repetirse y las que van seguidas de consecuencias insatisfactorias tienden a no producirse. ¿Qué es lo que refuerza, pues, según Thorndike? El estado de *satisfacción* que produce en el organismo. Años más tarde, Skinner definía el refuerzo como un estímulo que sigue a la respuesta y que aumenta su frecuencia. Skinner se limita aquí a describir la función del refuerzo, pero no teoriza sobre el mismo. ¿Cómo se puede saber si un estímulo es eficaz como reforzador? Probándolo. Si se presenta un estímulo y aumenta la fuerza de la respuesta, ese estímulo se considera un refuerzo. Si no consigue aumentar la fuerza de la respuesta, el estímulo no es un refuerzo. ¿Qué es el refuerzo? Lo que aumenta la fuerza de la respuesta. ¿Qué es lo que aumenta la fuerza de la respuesta? El refuerzo. Esta definición ha sido considerada como circular por los teóricos del refuerzo. Para romper esta circularidad, un reforzador debería actuar como tal en todas las situaciones.

Los teóricos del refuerzo pretenden algo más. Están interesados en saber qué es lo que hace que un refuerzo aumente la fuerza de la respuesta. Las respuestas dadas a esta pregunta no son claras hasta ahora. Aunque todas las teorías propuestas consideran al refuerzo como un estímulo que aumenta la fuerza de la respuesta, difieren en la forma de lograrlo. Unos consideran que se debe a la reducción del impulso, otros a que se estimula

determinadas áreas cerebrales y otros a la oportunidad de realizar determinadas respuestas.

7.7.1. Teoría de la reducción del impulso

Hull (1943) consideraba que un refuerzo es cualquier *estímulo que reduce una necesidad biológica* del organismo. Los organismos mantienen un equilibrio biológico u homeostasis como adaptación a las condiciones cambiantes del medio. Cuando tienen una necesidad, se genera un impulso que promueve la conducta para cubrir esa necesidad. Una vez que el organismo consigue el refuerzo, se reduce la necesidad biológica. Es decir, lo que motiva al animal a responder es reducir el impulso y recuperar la homeostasis fisiológica. Por ejemplo, cuando una rata tiene hambre se genera un estado de necesidad o impulso que le mueve a buscar comida. Si introducimos a la rata hambrienta en la caja de Skinner, presionará la palanca para conseguir comida. La ingestión de la comida reducirá el estado de necesidad o impulso y se recuperará la homeostasis fisiológica. Así pues, Hull considera que es la *reducción del impulso* lo que refuerza la conducta.

Esta teoría ha dado lugar a una amplia investigación durante muchos años. Sin embargo, la teoría tiene dificultades para explicar algunos resultados experimentales. Por ejemplo, hay estímulos reforzadores que son consumibles pero no reducen ninguna necesidad. Sheffield y Roby (1950) demostraron que las ratas presionaban la palanca para obtener una solución con sacarina a pesar de que esta sustancia no tiene ningún valor calórico y, por tanto, no reduce ninguna necesidad biológica.

Otra dificultad que no explica esta teoría es el hecho de que algunos estímulos actúan como reforzadores a pesar de no ser consumibles, ni se corresponden con ninguna necesidad biológica (reforzadores sensoriales, cambio de estimulación, etc.). Sheffield, Wulff y Backer (1951) observaron que una rata macho era capaz de correr a lo largo de un corredor recto para copular con una rata hembra en celo a pesar de que la cópula finalizara antes de la eyaculación. En este caso no se reducía ninguna necesidad. Es probable que ocurriera lo contrario, es decir, el aumento de la misma.

En nuestra vida ordinaria hay muchas situaciones que demuestran la poca importancia que tiene la disminución del impulso. Por ejemplo, subimos a la montaña rusa en un parque de atracciones o nos lanzamos al vacío desde un puente sujetos con una cuerda a los pies, visitamos un museo, podemos trabajar para cambiar de estimulación, por curiosidad, etc. Casi cualquier cosa puede actuar como estímulo reforzador. Estas lagunas explicativas han cuestionado la teoría de Hull.

En un experimento realizado por Miller y Kessen (1952), se utilizó un laberinto en T y leche como refuerzo. La leche era administrada bajo 3 condiciones: a) por inyección directa al estómago, b) por la boca de forma inmediata y c) por la boca demorado 7 min y 35 s (éste era el tiempo que tardaron las ratas de la condición "b" para consumir los 14 ml de leche disponibles). Los sujetos de la condición a) recibieron la leche durante un

período de tiempo similar. El reforzamiento de la condición c) se demoró el tiempo que se requirió para consumir los 14 ml en las otras dos condiciones.

El resultado fue que todos los grupos aprendieron, pero unos mejor que otros (véase figura 7.7). El reforzamiento de tomar leche por la boca fue más efectivo que el de inyectarlo al estómago. A su vez, el reforzamiento de tomar leche por la boca de forma inmediata fue mejor que el demorado. Este experimento demuestra que la reducción del impulso producido por la ingestión de leche directa al estómago refuerza la conducta de elección, pero parece que todavía es más reforzante el hecho de beber la leche que la sola reducción del impulso.

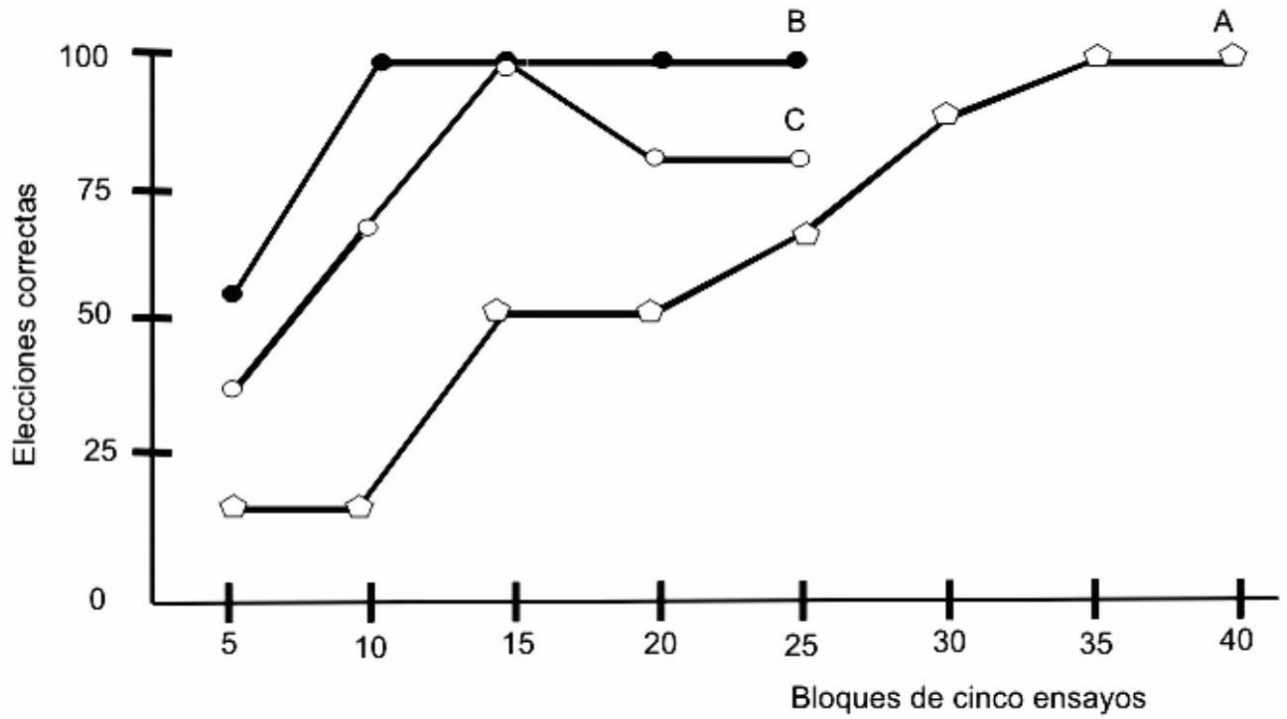


Figura 7.7. Conducta de elección en un laberinto en T. El refuerzo era administrado bajo tres condiciones: grupo A: por inyección directa al estómago; grupo B: por la boca de forma inmediata; grupo C: por la boca demorado (Según Miller y Kessen, 1952).

7.7.2. La estimulación eléctrica cerebral reforzadora

Olds y Mildner (1954) realizaron un experimento con ratas en el que demostraban que la estimulación eléctrica cerebral (EEC) era reforzante. La rata presionaba una y otra vez la palanca en la caja de Skinner para recibir la estimulación eléctrica en el área del hipocampo lateral. A las regiones cerebrales en las que se producía reforzamiento positivo las denominaron *centros de placer*. Posteriormente se ha comprobado que hay muchas áreas cerebrales cuya estimulación es reforzadora: el septum y haz prosencefálico medial, la amígdala, el tálamo, la formación reticular, el hipocampo, la

corteza límbica, etc. Se sugería que la estimulación de los centros de placer podría ser el mecanismo común de todos los reforzadores.

El reforzamiento de la EEC se caracteriza porque produce unas tasas de respuestas muy altas y a lo largo de mucho tiempo. Valenstein y Beer (1964**)** realizaron un experimento en el que la comida y la EEC estaban disponibles de forma continua. El resultado fue que las ratas presionaban la palanca de forma alterna para obtener la comida y para recibir la EEC. También dedicaban un tiempo para dormir. En una investigación posterior realizada por Routtemberg y Lindy (1965), las ratas tenían libre acceso a dos palancas durante 1 hora al día, una que les proporcionaba comida y la otra EEC. El resultado fue que algunas ratas preferían la palanca que les proporcionaba EEC e ignoraban la palanca de la comida, por lo que llegaban a la inanición.

¿La EEC reduce el impulso? Más bien parece lo contrario. La EEC produce más excitación que reducción del nivel de arousal. Los animales hambrientos prefieren la EEC que aumenta la excitación a la comida. Así pues, el aumento de la excitación y nivel de arousal que produce la EEC puede ser responsable de los efectos del reforzamiento, de acuerdo con la teoría de Sheffield de la inducción del impulso.

7.7.3. Teoría de la respuesta consumatoria

Hasta ahora hemos visto que los reforzadores son considerados como tipos especiales de estímulos que fortalecen la respuesta mediante la creación de un "estado de satisfacción", la reducción del impulso, etc. Sheffield y cols. (Sheffield y Roby, 1950) cambiaron la forma de entender el reforzamiento. Ellos propusieron que los reforzadores eran tipos especiales de respuesta. Según su teoría, las *respuestas consumatorias* típicas de la especie (acto de beber, comer, masticar, etc.) son el factor más importante del reforzamiento, aparte de cualquier asociación con la reducción del impuso. El valor del reforzamiento está en el *acto de consumir* más que en la sustancia misma. Así, el valor reforzante de la sacarina (recordemos que no tiene ningún valor calórico nutricional) se debe al acto de beber una sustancia con sabor dulce y no tanto a la reducción del impulso. Sin embargo, la reducción del impulso puede jugar aquí el papel de mantener el valor del refuerzo de la sacarina a través de un reforzamiento secundario. El sabor a sacarina adquiriría el valor de reforzador secundario por asociación con la reducción del impulso.

Sheffield ha elaborado la noción de respuesta consumatoria dentro de una teoría del reforzamiento de la *inducción del impulso* (Sheffield, 1954). La teoría considera que el reforzamiento ocurre cuando un estímulo suscita una respuesta consumatoria o una excitación asociada a la respuesta consumatoria. Es decir, el reforzamiento ocurre cuando se induce la excitación y el arousal (nivel de activación), y no cuando se reduce el impulso o los estímulos asociados a él. Por ejemplo, cuando un animal está hambriento, la presencia de comida es un EI que suscita respuestas consumatorias de comer y aumenta su nivel de excitación y arousal. Una persona que tenga un perro en casa podrá

observar que cuando el dueño se acerca al lugar donde está la comida, el perro hambriento se muestra excitado porque predice que va a comer. Aquellos estímulos que acompañan a la respuesta consumatoria se convierten en refuerzos secundarios capaces de suscitar también la excitación que acompaña a la respuesta. Es decir, los reforzadores secundarios producen un aumento de la excitación más que una disminución. Para Sheffield, la función del impulso de hambre es asegurar que la respuesta consumatoria ocurrirá si se presenta la comida o para asegurar que el animal será activado en presencia de los reforzadores secundarios asociados a la comida.

Sin embargo, esta forma novedosa de entender el refuerzo deja sin explicar algunos resultados experimentales que las teorías anteriores sí lo hacían. Por ejemplo, la teoría de la *respuesta consumatoria* de Sheffield no explica los resultados de Miller y Kessen (1952) comentados antes, en los que la introducción de la comida directamente en el estómago actuaba como reforzador de una respuesta instrumental. En este caso no hay conducta consumatoria y, sin embargo, sí hay reforzamiento de la respuesta.

A pesar de estas dificultades, la teoría supuso un cambio en la forma de entender el reforzamiento. A partir de entonces, surgió una línea de investigación que estimuló la consideración de los reforzadores como tipos especiales de respuestas y no como tipos especiales de estímulos.

7.7.4. Teoría de Premack

Premack desarrolló la idea de que las respuestas pueden actuar como reforzadores (Premack, 1965). Según él, la división que se hace de los sucesos conductuales entre respuestas y reforzadores oscurece la naturaleza esencial de los procesos de reforzamiento. Consideremos la siguiente situación experimental: introducimos a una rata hambrienta en la caja de Skinner donde la comida se dispensa libremente, sin que la rata tenga que hacer nada para conseguirla, y la palanca está disponible. ¿Qué preferirá hacer la rata, dedicarse a comer o a presionar la palanca? El resultado es que la tasa de respuestas de comer es mayor que la tasa de respuestas de presión de palanca. Por consiguiente, la respuesta de comer es más probable que la respuesta instrumental de presión de palanca.

Si luego entrenamos a la rata hambrienta a presionar la palanca para obtener una bolita de comida, la rata aprenderá a presionar la palanca para poder comer. En esta situación experimental, nosotros consideramos que hay una relación de contingencia entre una respuesta (presión de palanca) y un estímulo reforzador (comida). En cambio, Premack opina que la contingencia real se produce entre dos respuestas: la presión de palanca y la oportunidad de comer. La respuesta de presión de palanca es una respuesta instrumental reforzada por la respuesta de comer. La rata realiza la respuesta instrumental de presionar la palanca porque le permite acceder a la respuesta reforzadora de comer. Bajo estas condiciones, la tasa de presión de palanca aumenta.

Premack considera que el factor fundamental para el reforzamiento es la diferencia

en la probabilidad de cada una de las respuestas. Cuando una respuesta A es más probable que ocurra que otra B en una determinada situación, la respuesta más probable puede reforzar a la menos probable. La respuesta más probable es la respuesta reforzadora y la menos probable la respuesta instrumental (B → A). El *principio de Premack de la probabilidad diferencial* señala que dadas dos respuestas de diferente probabilidad, la respuesta más probable podrá reforzar a la menos probable. En la situación experimental, la respuesta instrumental de presión de palanca es menos probable que la de comer porque los animales hambrientos prefieren dedicarse a la conducta de comer que a la de presión de palanca. Por eso comer refuerza presionar la palanca. Según Premack, el reforzamiento se produce cuando las respuestas menos probables permiten realizar las respuestas más probables.

Premack y cols. han realizado muchas investigaciones para poner a prueba su teoría. En una de ellas (Premack, 1962), manipuló la frecuencia de dos respuestas pudiendo hacer que una respuesta actuara como respuesta instrumental o como respuesta reforzadora. Premack quería saber si las conductas de correr y de beber podían ser revertidas. Normalmente el animal tiene que correr (respuesta a ser reforzada) para poder beber (refuerzo). En una primera fase, el investigador estableció la línea base de actuación de cada una de las dos respuestas en diferentes condiciones de privación. 10 ratas fueron privadas de agua durante 23 horas al día y tuvieron libre acceso a correr en la rueda de actividad durante ese tiempo. Después, las ratas tuvieron acceso al agua y a la rueda de actividad durante 1 hora. El resultado fue que las ratas pasaban más tiempo bebiendo que en la rueda de actividad. Por el contrario, cuando las ratas fueron privadas de correr 23 horas al día y se les permitió el libre acceso al agua durante ese período, las ratas pasaron más tiempo corriendo que bebiendo cuando tuvieron libre acceso a ambas actividades. Así pues, cuando las ratas eran privadas de beber, la respuesta más frecuente era la de beber, y cuando las ratas eran privadas de correr, la respuesta más frecuente era la de correr.

La hipótesis de Premack era que, bajo estas condiciones, las respuestas más frecuentes podían reforzar a las menos frecuentes. Para poner a prueba su hipótesis, 4 ratas fueron privadas de correr y tuvieron libre acceso al agua durante 23 horas. Cuando luego tuvieron la rueda y el agua a libre disposición durante 1 hora, las ratas permanecieron un promedio de 23 s bebiendo. Entonces la conducta de correr se hizo contingente con la conducta de beber, fijando el aparato de tal forma que cada 6 lamidos en el tubo se abría automáticamente la posibilidad de correr en la rueda durante 10 s. El resultado fue que las ratas aumentaron su tiempo de beber de 23 s a 98 s por hora cuando el correr fue contingente con beber. De esta forma, la respuesta frecuente de correr reforzó la respuesta menos frecuente de beber. Así se demostró la reversión de la relación de la conducta de beber y de correr.

Además, Premack ha demostrado (Premack, 1959) que cualquier respuesta podía actuar como reforzador aunque no tuviera relación con ningún reforzador primario convencional (agua, comida, etc.). En este experimento, un mono tenía acceso libre a una palanca que la podía presionar y a una puerta horizontal que se podía abrir. En la

primera fase, el animal permaneció 90 minutos en el recinto donde abrió la puerta 90 veces y presionó la palanca 36. Es decir, la respuesta de abrir la puerta era más frecuente que la de presionar la palanca. En la segunda fase del experimento, el mono tenía que presionar la palanca para que se abriera la puerta. El resultado fue que la presión de la palanca aumentó a 120 respuestas en los 90 min. En el grupo control, el animal tenía que abrir la puerta para poder presionar la palanca. El resultado de este grupo fue que no aumentó la respuesta de abrir la puerta. Vemos que una respuesta sólo puede actuar como reforzador si es más frecuente que otra. Los resultados experimentales confirman el principio de reforzamiento de Premack. Es decir, las conductas instrumentales aumentan cuando permiten acceder al sujeto a la conducta preferida.

En este mismo trabajo (Premack, 1959), realizó un estudio con niños. En una primera fase se les permitía elegir libremente entre comer caramelos o jugar con una máquina de pinball. En esta *prueba de preferencia* se quería saber cuál de las dos alternativas era más probable. El resultado fue que unos niños pasaban más tiempo comiendo caramelos mientras que otros lo hacían jugando al pinball. En la segunda *fase de condicionamiento* se entrenó a los niños en dos procedimientos. En uno de los procedimientos, se presentó a los niños la contingencia comer caramelos y jugar al pinball. Los niños tenían que jugar al pinball si querían comer caramelos. El resultado fue que los niños que en la prueba de preferencia elegían comer caramelos, aumentó el tiempo dedicado a jugar el pinball respecto a la prueba inicial. Comer caramelos reforzaba la respuesta de jugar al pinball. En el otro procedimiento, se presentó a los niños la contingencia jugar al pinball y comer caramelos. Los niños tenían que comer caramelos si querían jugar al pinball. El resultado fue que los niños que en la fase de preferencia elegían jugar al pinball, aumentaban el tiempo dedicado a comer caramelos. En este caso, jugar al pinball reforzaba la respuesta de comer caramelos. Estos resultados indican que hay diferencias individuales en las preferencias conductuales. Unos niños preferían hacer una cosa y otros niños otra distinta. En cualquier caso, los resultados apoyan el principio de Premack de que las respuestas más probables pueden reforzar a las menos probables.

Esta nueva concepción del reforzamiento propagó la idea de que cualquier cosa podía actuar como reforzador. Los reforzadores no son tipos especiales de estímulos ni tipos especiales de respuestas. La distinción que hay entre respuestas reforzadoras e instrumentales es la probabilidad diferencial entre ellas. Para que ocurra el reforzamiento sólo es necesario que una respuesta sea más probable. La respuesta más probable podrá reforzar a la menos probable.

7.7.5. Teoría de la privación de respuesta

En una situación de condicionamiento instrumental hay limitaciones a la respuesta reforzante. Por ejemplo, a la rata se le restringe la cantidad de comida que ingiere cada vez que realiza la respuesta adecuada. Lo mismo ocurría en el experimento anterior de

Premack con los niños. Cuando la respuesta reforzadora era jugar al pinball, se restringía esta respuesta y el niño tenía que comer caramelos para poder jugar. Siempre que hay una contingencia de reforzamiento se restringe el tiempo dedicado a la respuesta más frecuente. Probablemente, la respuesta instrumental permite al sujeto tener acceso a la respuesta que se le priva.

Algunos resultados experimentales apoyan la idea de que la restricción de la respuesta reforzadora es el factor clave del reforzamiento instrumental (Allison, 1993). Es la *hipótesis de privación de respuesta*. Se ha observado que incluso el acceso a una respuesta de baja probabilidad puede reforzar una respuesta de alta probabilidad si el reforzamiento de la respuesta fue restringido por debajo de su línea base. Este resultado cuestiona el principio de Premack y demuestra que el principio de privación de la respuesta es más importante para motivar la respuesta instrumental que la probabilidad diferencial de las respuestas propuesto por Premack. Así pues, lo que hace posible el reforzamiento es la privación de la respuesta.

7.7.6. Teoría de la regulación conductual

Uno de los supuestos de la teoría de la regulación conductual es que cuando los organismos son libres de elegir entre varias alternativas de respuesta, distribuyen sus actividades de la forma más óptima posible. Por ejemplo, las personas hacemos muchas cosas a lo largo del día: tenemos que comer, trabajar, descansar, viajar, ver la TV, etc. Cada una de estas actividades tiene un nivel de preferencia y cada persona las distribuye a su manera en una determinada situación. La mejor forma de distribución de las respuestas se conoce como el *punto de deleite conductual*. Consideremos una situación en la que una persona joven tiene que elegir entre ordenar su habitación o jugar en el ordenador, sin que haya ninguna restricción a su conducta (véase figura 7.8.). Si hiciéramos un registro de estas actividades, es muy probablemente que el joven preferiría jugar en el ordenador a ordenar su habitación. Estaría jugando en el ordenador, por ejemplo, 80 min por 15 min que pasaría ordenando su habitación. El punto óptimo o punto de deleite conductual obtenido sería el promedio de las dos actividades. En este caso, 65 min. Cuando se impide al organismo realizar una determinada respuesta por debajo de su línea base de actuación, hará todo lo posible por realizar cualquier otra respuesta que le permita acercarse al punto de deleite conductual. Existiría, pues, una homeostasis conductual que el organismo trata de mantener. Si ésta se rompe por la introducción de una determinada contingencia respuesta-reforzador, el organismo cambiará de actividad y hará todo lo posible por restablecerla. ¿Qué papel juega el reforzamiento? El reforzamiento actuaría como regulador conductual. El sujeto realizará la respuesta instrumental para restablecer el equilibrio conductual y acercarse al punto de deleite conductual. Retomemos el ejemplo anterior y observemos la figura 7.8. Si exigimos ahora al joven que dedique el mismo tiempo a jugar con el ordenador que a ordenar su habitación, ya no podrá conseguir el punto de deleite conductual. El programa

reduce el acceso a jugar con el ordenador y le obliga a aumentar la conducta de ordenar la habitación. Ahora, si el joven juega durante 10 min, deberá ordenar la habitación también 10 min. El joven aumentará la respuesta de ordenar la habitación para acercarse más al punto del deleite conductual. El punto de deleite motiva al joven para realizar la conducta instrumental de ordenar la habitación. De esta manera, la introducción del programa de reforzamiento obliga a redistribuir las respuestas instrumental y contingente con el objeto de acercarse lo más posible al punto de deleite. El reforzamiento haría, pues, de regulador conductual. El aumento de la respuesta de ordenar la habitación no se debe a que es reforzada por la respuesta de jugar en el ordenador, sino a que el programa priva al joven de jugar (veáse, Allison, 1993).

En resumen, la teoría de la regulación conductual define el reforzamiento en términos de respuestas, en la línea de concepción de Premack. Sin embargo, el mecanismo de reforzamiento que la teoría propone es muy distinto. El reforzamiento se produciría por la restricción de la respuesta que impone la contingencia del reforzamiento. El sujeto regula sus conductas para acercarse al punto de deleite.

7.8. Economía conductual

El área de la psicología que utiliza los principios de la economía para entender el funcionamiento del reforzamiento se denomina *economía conductual*. Muchos investigadores han visto un paralelismo entre los problemas de la regulación conductual del reforzamiento y algunos problemas que se plantean los economistas. Los economistas se interesan en cómo las personas distribuyen su conducta dentro de un sistema de restricciones. Por su parte, los psicólogos se interesan por las preferencias conductuales de los organismos y los cambios que se producen para satisfacer tales preferencias cuando hay determinadas restricciones impuestas por un procedimiento instrumental. Los conceptos económicos han ayudado a identificar algunos factores que influyen en la redistribución de la conducta debido a las restricciones de un programa (véase Mayorga, Albañil y Cómbita, 2006).

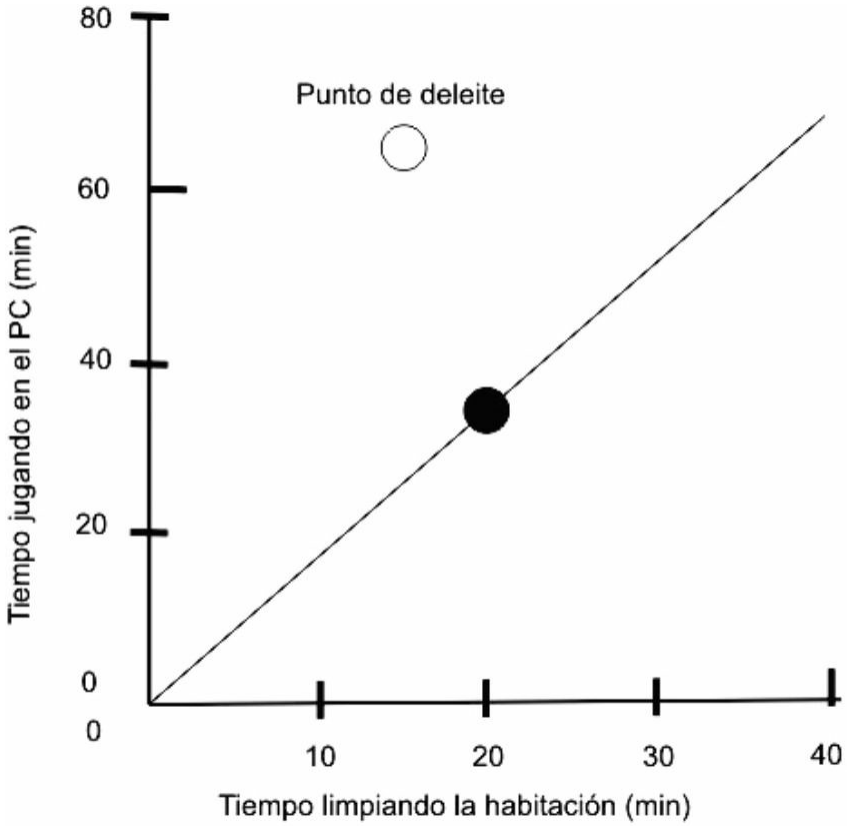


Figura 7.8. En la figura se representan las bases de la teoría de la regulación conductual. Distribución del tiempo entre jugar al ordenador y limpiar la habitación. El punto de deleite se muestra con un punto blanco. La línea indica el programa del reforzamiento en el que se pide al sujeto que dedique el mismo tiempo a ordenar la habitación y a jugar con el ordenador.

La economía conductual considera que los organismos tienen unas necesidades que producen unas demandas de productos. Los productos suponen un beneficio para el organismo y a la vez un coste en su obtención. Una rata hambrienta produce una demanda de comida que trata de conseguir presionando una palanca, realizando un gasto de energía, empleando un tiempo, etc. Si variamos el coste (número de respuestas, esfuerzo, etc.) para obtener un producto, podremos saber cómo afecta al consumo de ese producto. Desde el punto de vista económico, los refuerzos son productos que el organismo consume. Todos sabemos bien que el consumo de un producto depende de su coste. Así, cuando un producto aumenta de precio, disminuye su consumo. Podemos estudiar con animales la relación precio-consumo. Pero, ¿cómo podemos aumentar el precio de un producto en el laboratorio? Aumentando la cantidad de trabajo que se requiere para conseguirlo. Por ejemplo, podemos variar el programa de reforzamiento a aplicar. Un programa de RF 10 tiene mayor precio que un programa de RF 5, porque el primero requiere 10 respuestas para conseguir el refuerzo y el segundo sólo 5.

El consumo de un producto o un reforzador puede variar en función de su coste. Esta función se denomina *curva de la demanda* (véase figura 7.9). Si el consumo de un

producto depende mucho del precio, se dice que la curva de la demanda es *elástica*. Tomemos el ejemplo de viajar en avión. Cuando suben los precios del avión, la gente utiliza menos este medio de transporte. Si el consumo de un producto no depende de la subida de precios, se dice que la curva de la demanda es *inelástica*. Esto es lo que ocurre cuando suben los precios del pan, la leche, gasolina, etc. La gente sigue consumiéndolos de forma similar.

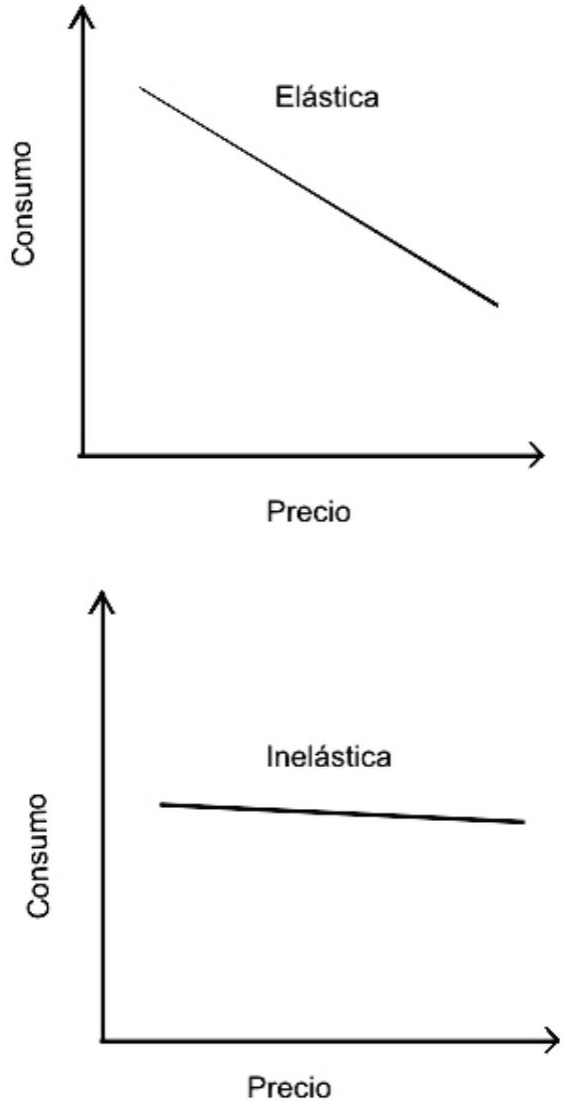


Figura 7.9. Curvas de demanda elástica e inelástica. Las curvas de la demanda representan la relación que hay entre el precio de un producto y su consumo. Una curva de la demanda elástica indica que el consumo de un producto es muy sensible a su precio (por ejemplo, cuanto más cueste un caramelo, menos lo comprará el cliente). Una curva es inelástica cuando el aumento del precio de un producto influye poco en su consumo (aunque aumente el coste del pan, el consumo apenas disminuye).

Se suelen considerar tres factores que determinan el grado de elasticidad de la

demanda: la disponibilidad de sustitutos, el rango de precios y el nivel de ingresos.

Probablemente la *disponibilidad de sustitutos* sea el factor más influyente en la elasticidad de la demanda. El aumento de precio de un producto va a provocar un descenso en su consumo dependiendo de la disponibilidad de otros productos similares que se puedan utilizar como sustitutos del producto. Cuando hay mucha disponibilidad de productos sustitutos aumenta la sensibilidad del producto original a la subida de precios. Si sube mucho de precio el vino de mesa, puedo sustituirlo por la cerveza. Luego, el consumo de vino bajará.

Cuando se trabaja con animales de laboratorio en pruebas de reforzamiento positivo, los animales reciben una cantidad de comida cada vez que realizan la respuesta adecuada. Una vez terminada la sesión experimental, se les devuelve al estabulario y se les da de comer hasta completar su ración diaria de comida. Esta situación se denomina *economía abierta*. Cuando los animales sólo reciben la comida que obtienen en la sesión experimental y no reciben ninguna ración suplementaria, se denomina *economía cerrada*. Se ha comprobado que la elasticidad de la demanda es mayor en situaciones de economía abierta que de economía cerrada (Cohen, Furman, Crouse y Kroner, 1990).

El segundo determinante de la elasticidad es el *rango de precios del producto*. El aumento de precios tiene menos efecto en los precios bajos que en los altos. Por ejemplo, si sube un 10% el coste de una barra de pan, sólo supone unos céntimos de euro más su coste. Si sube el 10% el precio de los pisos, la subida se percibe como muy grande y disminuye la demanda.

El tercer determinante es el *nivel de ingresos*. Cuanto mayor sea el nivel de ingresos, mayor será el consumo. Si suben los precios, un alto nivel de ingresos no afectará demasiado a la demanda. Esto también ocurre en los estudios realizados con animales. Cuanto más tiempo tengan los animales para responder o más respuestas, la conducta se verá menos influida por el aumento del coste del reforzador.

La economía conductual supone una explicación alternativa que da cuenta de los intercambios que realizan los animales entre diversos productos, pero no dice nada acerca de los procesos implicados.

7.9. Resumen

En este capítulo se ha estudiado cuáles son las condiciones que determinan el que una conducta se repita, la conducta de elección y las teorías de reforzamiento como temas principales. Los programas de reforzamiento *son reglas* que determinan la forma y el momento en que se reforzará una respuesta. Los programas de reforzamiento tienen un gran interés práctico ya que actúan como sistemas de motivación del sujeto.

Los *programas simples de reforzamiento* pueden ser continuos e intermitentes. Los programas intermitentes pueden ser a su vez de razón o de intervalo. En el programa de *reforzamiento continuo* se refuerzan todas las respuestas que realiza el sujeto. Este programa se caracteriza porque da lugar a una tasa de respuestas moderada y constante.

Hay pausas breves tras cada reforzamiento que corresponden al tiempo que el animal dedica a ingerir la comida. La retirada del refuerzo produce una extinción rápida. Los *programas de razón* proporcionan una tasa alta de respuestas. A su vez, los programas de *razón fija* se extinguen más rápido que los programas de *razón variable*. Los *programas de intervalo* proporcionan una tasa de respuestas moderada. Los programas de *intervalo fijo* se extinguen con rapidez, mientras que los de *intervalo variable* son más estables. En los programas fijos de razón y de intervalo hay pausas post-reforzamiento.

En los *programas de reforzamiento de tasas de respuesta* el sujeto tiene que responder con una determinada tasa de respuestas para recibir el refuerzo. De esta forma, se puede entrenar al sujeto a responder deprisa o a responder despacio. En los programas de *reforzamiento diferencial de tasas altas* hay un tiempo máximo entre respuestas para ser reforzado, de tal forma que el sujeto tiene que responder deprisa si quiere recibir el refuerzo. Por el contrario, en los programas *de reforzamiento diferencial de tasas bajas* hay un tiempo mínimo entre respuestas para recibir el refuerzo. Sólo es reforzado si responde despacio.

Los programas compuestos son combinaciones de programas simples que se presentan uno después de otro. Los programas compuestos pueden ser tándem, mixto, encadenado o múltiple.

En los *programas concurrentes* están disponibles dos o más alternativas de respuesta de forma simultánea y el sujeto puede elegir una de las dos en cualquier momento. Cada alternativa de respuesta está mantenida con un programa simple de reforzamiento distinto. Se utilizan para estudiar la conducta de elección. Los estudios indican que los sujetos distribuyen las respuestas de forma que la tasa relativa de respuestas se ajusta a la tasa relativa de reforzamiento. Esta relación se denomina *ley de igualación*. Es decir, el tipo de programa de reforzamiento de cada alternativa influye en la distribución de las respuestas. El sujeto trata de maximizar el resultado de su conducta. Se han propuestos tres mecanismos para explicar la maximización: la *maximización molecular*, la *molar* y el *mejoramiento*. La visión molecular da prioridad al análisis momento a momento mientras que la visión molar apoya el análisis de actividades más amplio. La teoría del *mejoramiento* es una posición intermedia entre las dos anteriores. La escala temporal en la que opera el mejoramiento está entre las teorías molar y molecular. El sujeto elige aquello que es mejor en esta situación. La teoría tiene en cuenta la *tasa local* de respuesta y de reforzamiento.

En los programas concurrentes encadenados la elección de una alternativa lleva emparejada una consecuencia a largo plazo o hace que otra alternativa no esté disponible. Con estos programas se estudia la conducta impulsiva y el autocontrol. Los animales prefieren los refuerzos inmediatos pequeños a los demorados grandes y los refuerzos grandes demorados a los pequeños demorados.

Las teorías del refuerzo tratan de responder a la pregunta de por qué refuerza el refuerzo. Pretenden explicar qué es lo que hace que un refuerzo aumente la fuerza de la respuesta. Las respuestas dadas a esta pregunta no son claras hasta ahora. Aunque todas

las teorías propuestas consideran al refuerzo como un estímulo que aumenta la fuerza de la respuesta, difieren en la forma de lograrlo. Unos consideran que se debe a la reducción del impulso, otros a que se estimula determinadas áreas cerebrales y otros a la oportunidad de realizar determinadas respuestas. Thorndike consideraba que lo que refuerza es el estado de satisfacción que produce en el organismo. Años más tarde, Skinner definía el refuerzo como un estímulo que sigue a la respuesta y que aumenta su frecuencia. No teoriza sobre el mismo. Por su parte, Hull considera que lo que refuerza es la reducción del impulso. Esta teoría ha dado lugar a una amplia investigación y hay muchos resultados experimentales que demuestran que no siempre el refuerzo reduce el impulso. En algunos casos, incluso, aumenta el impulso.

Olds y Milner demostraron que la estimulación eléctrica cerebral resulta reforzante para los animales. La existencia de determinados centros cerebrales que proporcionan placer se ve como la causa del reforzamiento. El refuerzo refuerza porque se activan determinadas áreas cerebrales.

Sheffield y cols. proponen una nueva forma de entender el refuerzo. Consideran que los reforzadores son tipos especiales de respuesta. Según su teoría, las *respuestas consumatorias* típicas de la especie son el factor más importante del reforzamiento, aparte de cualquier asociación con la reducción del impuso. El valor del reforzamiento está en el acto de consumir más que en la sustancia misma.

Premack desarrolló la idea de que las respuestas pueden actuar como reforzadores. Este autor considera que el factor fundamental para el reforzamiento es la diferencia en la probabilidad de cada una de las respuestas. El *principio de Premack de la probabilidad diferencial* señala que dadas dos respuestas de diferente probabilidad, la respuesta más probable podrá reforzar a la menos probable.

La teoría de *privación de respuesta* considera que la restricción de la respuesta reforzadora es el factor clave del reforzamiento instrumental. Cualquier respuesta puede actuar como reforzador, incluso la de baja probabilidad. Sólo hay que restringir esa respuesta por debajo de su línea base.

La teoría de la *regulación conductual* define el reforzamiento en términos de respuestas, en la línea de concepción de Premack. El reforzamiento se produciría por la restricción de la respuesta que impone la contingencia del reforzamiento. El sujeto regula sus conductas para acercarse al punto de deleite conductual.

La *economía conductual* es el área de la psicología que utiliza los principios de la economía para entender el funcionamiento del reforzamiento. Los conceptos económicos han ayudado a identificar algunos factores que influyen en la redistribución de la conducta debido a las restricciones de un programa.

8
Control aversivo de la conducta

8.1. Introducción

El medio natural en el que habitan los organismos está lleno de oportunidades y de peligros. Hay oportunidades para conseguir comida, encontrar pareja, procrear, relacionarse, etc. y a la vez hay peligros de ser atacado, sufrir heridas, ser depredado, etc. El repertorio conductual de los organismos está controlado tanto por los sucesos apetitivos como por los sucesos aversivos. En los capítulos anteriores hemos visto cómo los organismos afrontan estas oportunidades, cómo aprenden nuevas conductas que son reforzadas positivamente, cómo se extinguen y cómo se mantienen. En este capítulo nos vamos a detener en estudiar cómo aprenden los animales a afrontar los sucesos desagradables o aversivos.

Muchas especies han desarrollado medios específicos para afrontar los sucesos y las situaciones desagradables que van desde disponer de capacidades sensoriales especiales (olorosas, auditivas, visuales, etc.), hasta el camuflaje o la exhibición de rasgos amenazantes. Junto a este equipamiento biológico y conductual heredado, las especies disponen de un repertorio conductual aprendido. De cara a la supervivencia, resulta ventajoso a los organismos aprender a escapar y a evitar los predadores como medio de defensa. Por ejemplo, una liebre se defiende de la presencia de un predador camuflándose con el terreno, quedándose agazapada, saliendo a la carrera, atacando, etc. A través de la experiencia va a aprender a escapar y evitar a los posibles predadores, lo que mejorará su sistema de defensa y con ello su supervivencia.

Los humanos operamos de forma similar. Por ejemplo, cerramos la ventanilla del coche para escapar de la lluvia o realizamos simulacros de incendios en los edificios escolares para entrenarnos a apagar el fuego y evacuar el edificio en caso de incendio. Si disponemos de los medios adecuados y hemos sido entrenados en su uso, estaremos organizados y escaparemos mejor cuando tengamos que enfrentarnos a un incendio real. Muchas otras veces nos anticipamos a las situaciones desagradables impidiendo que éstas sucedan. Por ejemplo, nos vacunamos para no sufrir una determinada enfermedad o cogemos una vía alternativa para no encontrarnos con un atasco de tráfico.

Hay otras situaciones en las que la conducta va seguida de un estímulo aversivo. Es el caso del castigo. Si una conducta va seguida de una consecuencia aversiva, se reduce su frecuencia. Si hemos entrenado a una rata a presionar la palanca en la caja de Skinner

para obtener comida y luego le cambiamos la contingencia, de forma que cada vez que apriete la palanca reciba una descarga, lo más probable es que la rata deje de presionar la palanca. En este caso, estaríamos castigando la conducta de presión de palanca.

Otras veces el estímulo aversivo se aplica de forma no contingente con la respuesta. En estos casos en los que el sujeto no tiene control sobre la aparición de la consecuencia aversiva, se producen fallos en el aprendizaje posterior. Es el fenómeno de la *indefensión aprendida*.

El condicionamiento instrumental aversivo está mucho menos estudiado que el apetitivo y la literatura sobre el mismo ha sido muy escasa en los últimos 30 años. Esto es especialmente llamativo en el caso del castigo.

8.2. Distinción entre refuerzo negativo, castigo y extinción

Ya definimos el refuerzo negativo como el estímulo que sigue a la respuesta y cuya retirada o eliminación inmediata aumenta la probabilidad de la respuesta. La rata corre de un compartimento a otro de la caja de vaivén o caja de salto para escapar o evitar una descarga eléctrica. Nosotros cerramos la ventana del coche para impedir que entre la lluvia, etc. La descarga eléctrica en un caso y la lluvia en otro serían ejemplos de reforzadores negativos.

En el *procedimiento de reforzamiento negativo* (escape y evitación) hay una relación de contingencia negativa entre la respuesta y la consecuencia. La realización de la respuesta elimina la consecuencia aversiva. El resultado es un aumento de la probabilidad de la respuesta. En cambio, en el *procedimiento de castigo* hay una relación de contingencia positiva entre la respuesta y la consecuencia. La realización de la respuesta va seguida de un estímulo punitivo. El resultado de este entrenamiento es la disminución de la probabilidad de la respuesta.

En la *extinción instrumental apetitiva* el sujeto realiza la respuesta instrumental, pero no recibe refuerzo. El resultado de este entrenamiento es una disminución de la probabilidad de la respuesta. Vemos que el resultado de la extinción es similar al del castigo, a pesar de que son dos procedimientos muy distintos. En la extinción se elimina la respuesta por la retirada del refuerzo que la mantiene y en el castigo se elimina la respuesta por ir seguida de un estímulo punitivo.

Podemos apreciar que tanto en el aprendizaje de escape y evitación como en el castigo, se emplean estímulos aversivos. Sin embargo, el efecto que producen es distinto porque la función que tienen es diferente. En el aprendizaje de *escape* y de *evitación* los estímulos aversivos actúan como *reforzadores* y producen un aumento de la fuerza de la respuesta, mientras que en el *castigo* actúan como *estímulos punitivos* y producen un descenso en la fuerza de la respuesta.

Estudiaremos en adelante la parte del repertorio conductual de los animales que está controlado por sucesos aversivos y que tiene que ver con *escapar de* o *evitar* un estímulo aversivo, suprimir una respuesta ante un estímulo aversivo (estímulo punitivo,

castigo) o dificultar el aprendizaje por la *estimulación aversiva no contingente* previa.

8.3. Metodología experimental

Se suelen emplear varios aparatos para estudiar los procedimientos de control aversivo de la conducta, como la caja de vaivén, caja de salto, la caja de Skinner, el corredor recto, etc. Los más frecuentemente utilizados son la caja de vaivén y caja de salto. Estos aparatos tienen ligeras diferencias entre sí, pero ambos disponen de dos compartimentos (A y B), con una parrilla en el suelo (véase figura 8.1). Se administra una pequeña descarga eléctrica en la parrilla del suelo y la rata corre o salta al otro compartimento para liberarse de la misma. Los experimentos que utilizan estas cajas pueden implicar que el animal pase siempre en el mismo sentido (paso en un sentido, de A a B), o que pase en dos sentidos (unas veces de A a B y otras de B a A).

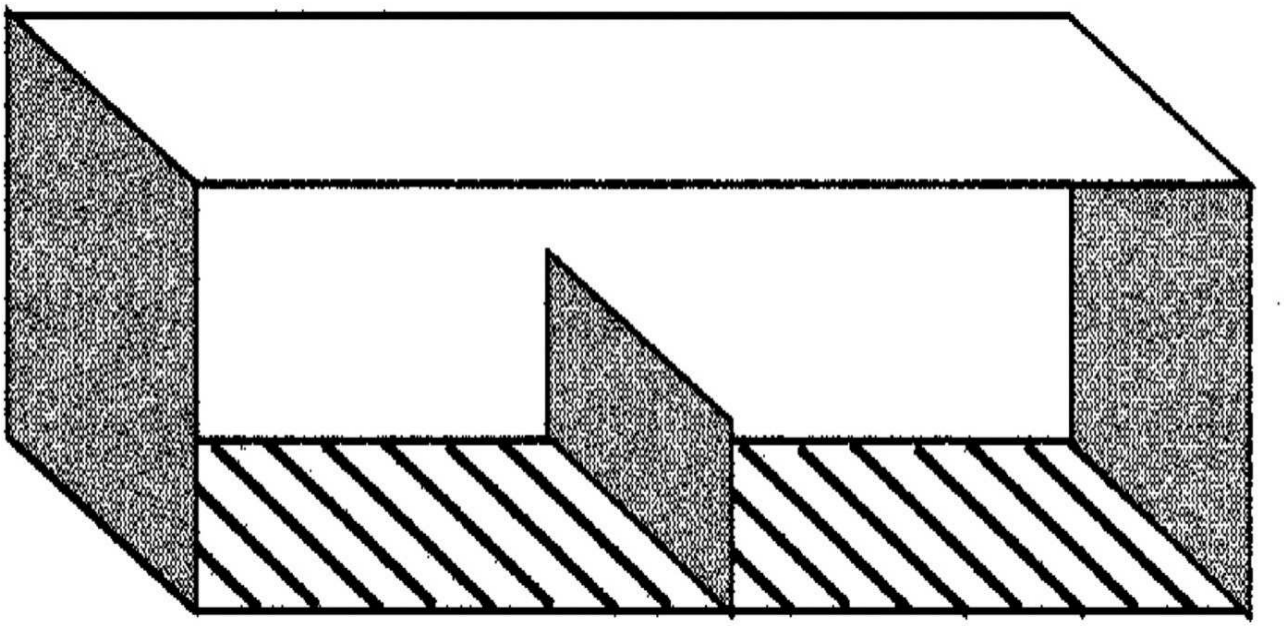


Figura 8.1. Caja de dos compartimentos. El animal salta de un compartimento a otro para escapar de la descarga o evitarla.

Las tareas que se suelen utilizar son tanto locomotoras como manipulativas. Se emplean tareas como correr, saltar, presionar la palanca, picotear un disco, tirar de una palanca, apretar un botón, etc., dependiendo de la especie que se esté considerando. Cuando se emplean tareas simples como correr o saltar, el aprendizaje se realiza de forma rápida. En cambio, cuando se emplean tareas más complejas como presionar la palanca en la caja de Skinner, el aprendizaje es más lento. Los parámetros que se suelen registrar son la latencia de respuesta, velocidad de carrera, la tasa de respuestas, el

número de errores, etc.

Los animales que más se utilizan son los roedores (ratas y ratones), aunque también se utilizan perros, cerdos, palomas, peces, etc. El estímulo aversivo que se suele utilizar es la descarga eléctrica aplicada en la parrilla del suelo del aparato o en el rabo. Las intensidades de las descargas utilizadas oscilan entre 0,2 y 1 mA en roedores. En animales más grandes se utilizan intensidades de descarga mayores. La duración de la descarga suele ser de 5 s en tareas como correr o saltar. Cuando la tarea consiste en presionar la palanca en la caja de Skinner, la duración de la descarga es mayor.

8.4. Condicionamiento de escape

Es un procedimiento de control aversivo de la conducta en el que hay una relación de contingencia negativa entre la respuesta y las consecuencias de la respuesta. El condicionamiento de escape consta de dos elementos: un estímulo aversivo que hace funciones de *reforzador* y una *respuesta instrumental* que interrumpe el estímulo aversivo (véase figura 8.2). La consecuencia de esta contingencia respuesta-refuerzo es que aumenta la fuerza de la respuesta (frecuencia, probabilidad, etc.). Operacionalmente se presenta un estímulo aversivo de forma intermitente y si el sujeto realiza la respuesta adecuada cuando está presente el estímulo aversivo, éste se interrumpe. Por ejemplo, una rata puede interrumpir la descarga en la caja de vaivén pasando de un compartimento a otro. La respuesta de correr se ve fortalecida por la retirada del estímulo aversivo. Una persona puede bajar el volumen de la radio cuando le resulta molesto o subir las ventanillas del coche cuando entra mucho viento. La interrupción del suceso aversivo es lo que refuerza la conducta de escape.

Figura 8.2. Elementos del condicionamiento de escape: un estímulo aversivo (el reforzador) y una respuesta instrumental que interrumpe el estímulo aversivo. La relación de contingencia respuesta-refuerzo aumenta la fuerza de la respuesta.

Hay dos variables que influyen en el condicionamiento de escape: la *intensidad del estímulo* y la *demora del reforzador*.

La respuesta de escape está en función de la intensidad del estímulo aversivo. Cuanto mayor es la intensidad del estímulo, más rápida es la respuesta de escape. Se ha

comprobado que no es necesario que la reducción del estímulo sea total para que se refuerce la respuesta de escape. Hay una relación entre el porcentaje de reducción de intensidad del estímulo y la fuerza de la respuesta. Cuanto mayor es la reducción de la intensidad, mayor es la fuerza de la respuesta.

La respuesta de escape también se ve afectada por la demora del reforzador. En este procedimiento, cuanto mayor es la demora del reforzador, peor es el aprendizaje. Cuanto más se tarda en retirar el estímulo aversivo después de realizar la respuesta adecuada, más lento es el aprendizaje.

8.5. Condicionamiento de evitación

Muchas de las conductas que realizan los organismos están destinadas a impedir que ocurran sucesos aversivos. Un animal tiene que sortear a los posibles predadores para no poner en peligro su vida, tiene que evitar lugares con temperaturas extremas si no quiere morir de hambre o de frío, tiene que respetar los códigos sociales de su especie si no quiere recibir una agresión, etc. De la misma forma, nosotros realizamos muchas conductas para prevenir determinados sucesos aversivos. *Evitar* tiene que ver con *prevenir*. Nos vacunamos para no sufrir una enfermedad, regamos las plantas para que no se sequen, revisamos el coche antes de hacer un viaje largo para evitar tener una avería, etc.

Desde el punto de vista operacional, el condicionamiento de evitación consta de 3 elementos: una *señal*, una *respuesta instrumental* y un *estímulo aversivo* (el reforzador) (véase figura 8.3). Si durante el tiempo que está presente la señal el sujeto realiza la respuesta instrumental, ello impedirá que aparezca el estímulo aversivo. El resultado de esta contingencia respuesta-refuerzo es el aumento de la fuerza de la respuesta de evitación.

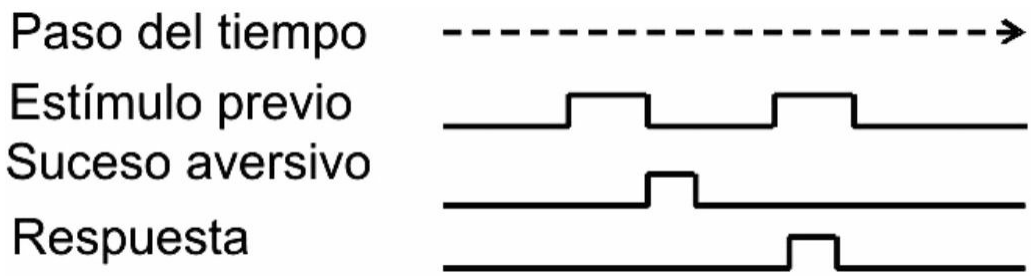


Figura 8.3. Elementos de la evitación discriminada. Elementos del condicionamiento de evitación discriminada: un E^d, un *estímulo aversivo* (E^{r-}) y una *respuesta instrumental* que impide la presentación del estímulo aversivo. La relación de contingencia respuesta-refuerzo aumenta la fuerza de la respuesta.

Elijamos una situación experimental para ilustrar el procedimiento de evitación.

Utilizaremos una caja de vaivén con dos compartimentos y una rata como sujeto. Presentamos un tono durante 10 s seguido de una descarga durante 2 s. Si mientras está presente el tono (E^d), el animal pasa al otro compartimento (R), evitará recibir la descarga (E^{r-}). De esta forma, la rata aprenderá a evitar la descarga corriendo de un compartimento a otro. En el procedimiento de evitación se anticipa el suceso aversivo, de manera que el sujeto puede hacer algo para impedir que ocurra. Este procedimiento de evitación que estamos describiendo se denomina también de *evitación discriminada*, para distinguirlo del procedimiento de *evitación sin discriminar*.

El procedimiento de *evitación sin discriminar* (también denominado discriminación de *operante libre* o *discriminación de Sidman* por ser el autor que la describió) consiste en presentar la descarga a intervalos fijos, sin ir precedida de ninguna señal de aviso. Si el sujeto no realiza la respuesta de evitación adecuada, recibirá la descarga. En cambio, si el sujeto realiza la respuesta adecuada en el intervalo de tiempo entre descargas, podrá aplazar o anular la presentación de la descarga en ese ensayo. Por ejemplo, imaginemos una situación en la que se presentan las descargas cada 20 s. Si el sujeto realiza la respuesta adecuada, se aplaza la descarga durante un período de tiempo de 40 s. En esta situación, un sujeto puede evitar todas las descargas si responde al menos una vez cada 40 s. El intervalo de tiempo entre descargas se denomina *intervalo descarga-descarga*, y el intervalo de aplazamiento de la descarga cuando el sujeto realiza la respuesta requerida se denomina *intervalo respuesta-descarga*. De esta forma, si el sujeto no realiza la respuesta adecuada, la descarga se aplicará de acuerdo con el programa descarga-descarga, pero si realiza la respuesta adecuada, se aplaza la aplicación de la descarga de acuerdo al programa respuesta-descarga. Con el procedimiento de evitación sin discriminar es posible establecer un aprendizaje de evitación con tasas de respuestas altas, incluso sin que los sujetos puedan evitar todas las consecuencias aversivas (Sidman, 1962).

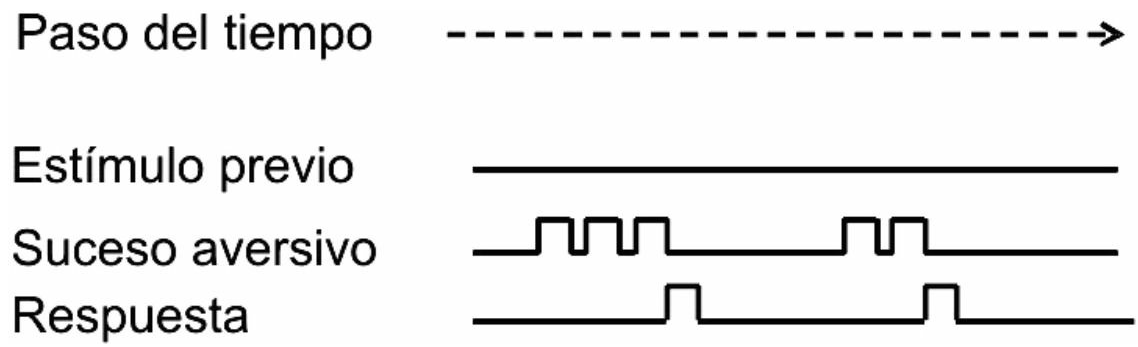


Figura 8.4. Elementos del condicionamiento de evitación sin discriminar: un *estímulo aversivo* (E^{r-}) y una *respuesta instrumental* que impide que se presente el estímulo aversivo. La relación de contingencia respuesta-refuerzo aumenta la fuerza de la respuesta.

Una pregunta que nos podemos hacer es si el aprendizaje de evitación es un

condicionamiento clásico o un condicionamiento instrumental. La conducta de evitación comenzó siendo estudiada por Bechterev utilizando el procedimiento de condicionamiento clásico, como ya vimos en el primer capítulo. Usaba perros como sujetos y procedía de la siguiente manera: colocaba un electrodo metálico en una de las patas del perro y le aplicaba una descarga (EI) que hacía que la pata se le doblara (RI). En el procedimiento estándar presentaba una luz (EC) durante unos segundos seguido de la descarga en la pata (EI). Tras sucesivos ensayos, se presentaba en solitario la luz (EC) y el animal doblaba la pata (RC). El perro aprendía a doblar la pata ante la luz.

Más adelante se pudo demostrar que los animales de distintas especies entrenados con un procedimiento de evitación instrumental respondían con una tasa de respuestas mayor que cuando eran entrenados con un procedimiento clásico (Wahlsten y Cole, 1972), lo que cuestiona la idea de que el aprendizaje de evitación sea un condicionamiento clásico.

En un experimento realizado por Wahlsten y Cole (1972), se utilizaron perros como sujetos. Un grupo fue entrenado con un procedimiento de condicionamiento clásico (los sujetos no tenían control sobre el suceso aversivo), y otro con un procedimiento de condicionamiento instrumental (los sujetos sí tenían control sobre el suceso aversivo). Los resultados aparecen en la figura 8.5. Observamos que la tasa de respuestas de evitación fue mayor en el grupo entrenado con el procedimiento instrumental que el entrenado con el procedimiento clásico. Si estos resultados los interpretamos en términos de condicionamiento instrumental, las respuestas de evitación son reforzadas por sus consecuencias. Por el contrario, si estos resultados los interpretamos en términos de condicionamiento clásico, nos encontramos con varios problemas.

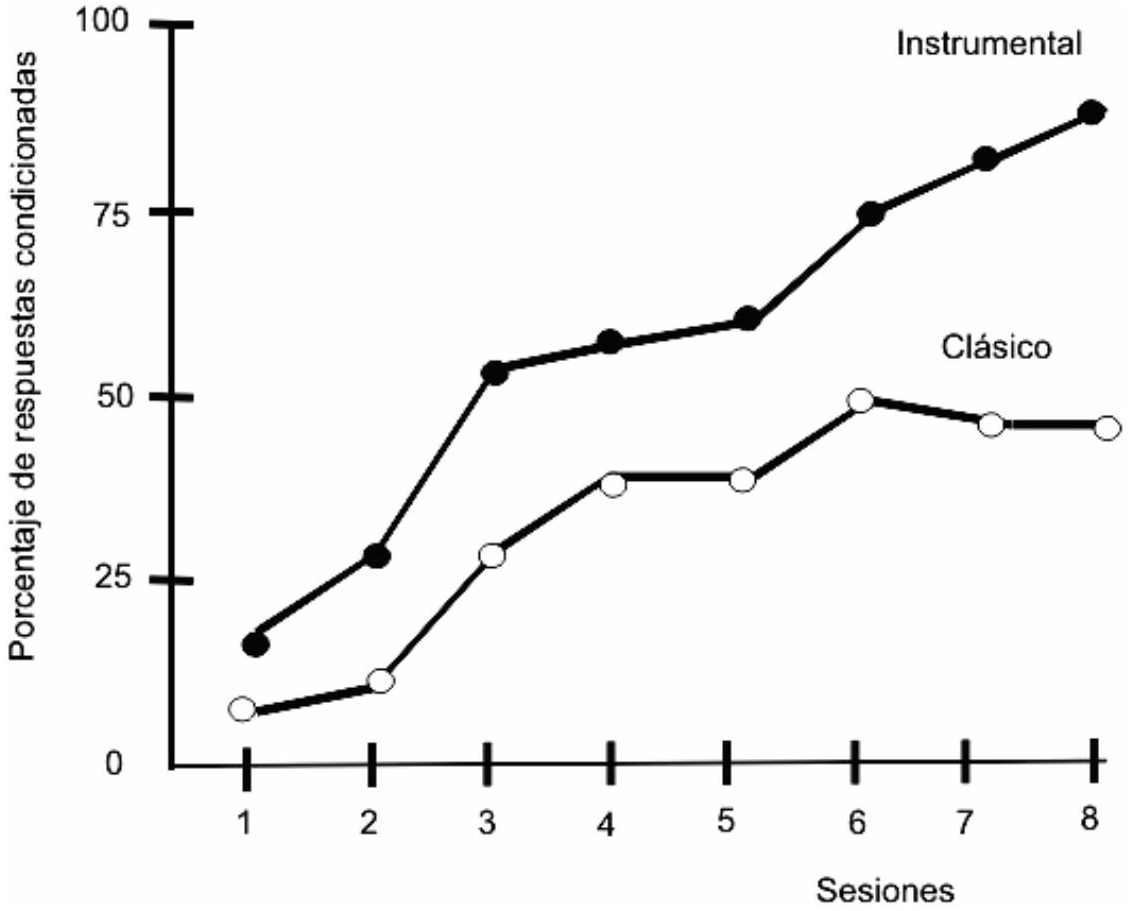


Figura 8.5. Tasa de aprendizaje de la respuesta de flexión de la pata. Uno de los grupos recibió entrenamiento en condicionamiento clásico (clásico) y el otro en condicionamiento instrumental (instrumental). El grupo experimental obtuvo mayor tasa de respuesta que el clásico, luego la conducta de evitación está reforzada por sus consecuencias (Según Wahlsten y Cole, 1972).

Uno de ellos es que a medida que progresa el entrenamiento en el grupo de evitación instrumental, la señal se presenta sola en la mayoría de los ensayos, sin la descarga, ya que los sujetos realizan la respuesta para impedir que se presente la descarga. Esto querría decir que se estaría aplicando un proceso de extinción clásica. Si fuera así, la fuerza de la respuesta debería ir disminuyendo de forma progresiva. Sin embargo, ocurre lo contrario.

Otro de los problemas es que el grupo entrenado en condicionamiento clásico (siempre recibió emparejados el EC-EI, sin ningún ensayo de extinción) manifestó una fuerza de la respuesta menor que el grupo entrenado en condicionamiento instrumental. Si los resultados se interpretaran desde el condicionamiento clásico, el grupo "clásico" debería tener mayor tasa de respuestas que el grupo "instrumental" porque todas las respuestas fueron reforzadas. Sin embargo, de nuevo ocurre lo contrario.

Así pues, la conducta de evitación está controlada por sus consecuencias, luego se trata de un condicionamiento instrumental.

8.5.1. Variables

Existen una serie de variables que influyen en el condicionamiento de evitación como la intensidad del estímulo, intervalo entre estímulos, intervalo entre ensayos, intervalo entre sesiones, etc.

A) Intensidad del estímulo

Ya se indicó antes que el efecto de la intensidad del estímulo aversivo sobre el aprendizaje de evitación resulta desigual, ya que interactúa con la dificultad de la tarea. Theios, Lynch y Lowe (1966) han informado que cuando se emplean descargas eléctricas de intensidad alta, se aprende a evitar más rápido y con una tasa de respuestas mayor en tareas simples. Sin embargo, cuando las tareas de evitación son complejas, los estímulos de intensidad alta dificultan la adquisición de la respuesta de evitación. Es lo que ocurre, por ejemplo, en tareas como la presión de una palanca o la evitación en dos sentidos. Cuando se han utilizado otros estímulos aversivos, como chorros de aire a presión, los resultados han sido similares a los de la descarga (Myers, Cohn y Clark, 2005). Estos autores administraron distintas intensidades de chorros de aire a unas ratas y observaron que cuanto mayor era la intensidad de la presión del aire, mejor se adquiría la respuesta de evitación.

B) Intervalo entre estímulos

También influye en el aprendizaje de evitación el intervalo de tiempo entre la presentación del estímulo discriminativo y la aparición del estímulo aversivo. El intervalo que se utiliza con más frecuencia en experimentación es de10 s. Cuando se alarga o se acorta en exceso la duración del intervalo se adquiere más lentamente la respuesta (Black, 1963).

C) Intervalo entre ensayos

El intervalo entre ensayos influye en el aprendizaje de evitación. Cuando se emplean intervalos cortos se dificulta mucho el aprendizaje. En el aprendizaje de evitación es mejor emplear intervalos entre ensayos largos (1-5 min) (Brush, 1972).

D) Dificultad de la tarea

La rapidez para adquirir el criterio de aprendizaje se ve muy influido por la

dificultad de la tarea (Theios, Lynch y Lowe, 1966). Cuando la tarea es muy simple, el aprendizaje es más rápido que cuando la tarea es compleja. Hay algunas tareas que resultan muy difíciles de aprender. Por ejemplo, las ratas tienen mucha dificultad en aprender a presionar la palanca para evitar una descarga (Herrnstein, 1969). Incluso hay animales incapaces de aprenderlo.

8.5.2. Extinción de la respuesta de evitación

Recordemos que la extinción de la respuesta instrumental reforzada positivamente se producía por la retirada del reforzador. ¿Qué ocurre en el condicionamiento de evitación si retiramos el reforzador? Los resultados experimentales han mostrado que cuando se retira el estímulo aversivo tras un entrenamiento de evitación, los sujetos no suprimen la respuesta de evitación. Este método, denominado de *extinción ordinaria*, no resulta efectivo para suprimir la respuesta de evitación. Cuando retiramos la descarga a una rata que ha aprendido a evitarla ante una señal de aviso, lo que estamos haciendo es lo mismo que hace la rata cuando realiza la respuesta de evitación: correr ante la señal de aviso.

Una forma de suprimir la respuesta de evitación sería cambiando la contingencia respuesta-refuerzo. Si hasta ahora la contingencia era negativa, se reemplaza por una positiva. Por ejemplo, cuando el sujeto realice la respuesta de evitación ante la señal, la consecuencia será la aparición de la descarga (procedimiento de castigo). La consecuencia de la respuesta ya no será impedir que se presente la descarga, sino que aparezca. Esta nueva contingencia hace que el sujeto suprima la respuesta de evitación con rapidez y eficacia. El problema de este método es que resulta inviable en la práctica clínica.

Existe otro método más adecuado que el castigo para suprimir la respuesta de evitación que se denomina *inundación* o *extinción verdadera*. La inundación consiste básicamente en tres operaciones: *exposición forzada a la señal*, *bloqueo de la respuesta* y *ausencia de la estimulación aversiva* (Fernández Castro, 1979). Esta técnica difiere de la extinción ordinaria en que el sujeto no puede escapar de la señal de aviso que suscita el miedo. El grado de efectividad de esta técnica depende del tiempo de exposición. Cuanto mayor es el tiempo de exposición, mayor es la supresión de la respuesta.

La inundación como técnica para suprimir la respuesta de evitación está basada en la teoría de los dos procesos de Mowrer. Recordemos que la teoría consideraba que el sujeto escapaba del miedo que le producía la señal de aviso. Es decir, la conducta de evitación estaba motivada por el miedo y era reforzada por la reducción del miedo. ¿Cuál es la clave de la inundación? Que se suprime el miedo mediante el procedimiento del condicionamiento clásico. Se realiza una exposición forzada al estímulo que suscita miedo (EC) sin recibir la descarga (EI), lo que produce la extinción del miedo que motiva la conducta de escape. De esta forma, la respuesta instrumental se suprimirá por la desaparición del miedo que suscitaba la señal.

La técnica de la inundación se utiliza en terapia de conducta para el tratamiento de los trastornos obsesivo compulsivos, fobias, etc. (veáse McAllister, y McAllister, 1995).

8.5.3. Teorías explicativas de la evitación

Una dificultad que se encuentra a la hora de explicar el aprendizaje de evitación es determinar cuál es la fuente del reforzamiento. ¿Cómo es posible que aumente el condicionamiento cuando la realización de la respuesta impide que se presente el estímulo aversivo? ¿Cómo la omisión de algo fortalece la respuesta de evitación? Una respuesta a estas preguntas la dio Mowrer en su *teoría de los dos procesos*. Esta teoría ha proporcionado explicaciones que han tenido mucha aceptación durante largo tiempo y ha dado lugar a una amplia investigación. Es una referencia obligada para el resto de las teorías formuladas.

A) La teoría de los dos procesos

La teoría considera que hay dos procesos implicados en el aprendizaje de evitación que aparecen diferenciados en el tiempo (Mowrer, 1960). *En primer lugar*, se produciría un proceso de *condicionamiento clásico* en el que el sujeto aprende a tener miedo a la señal de aviso (EC) y, *en segundo lugar*, un *condicionamiento instrumental* en el que el sujeto aprende la respuesta de evitación, reforzada por la reducción del miedo. La idea central es que la respuesta instrumental de evitación está motivada por el miedo que le produce la señal.

Los dos procesos operarían de la siguiente manera. En el procedimiento estándar del condicionamiento de evitación se presenta un estímulo previo (por ejemplo, un tono) seguido de un estímulo aversivo (por ejemplo, una descarga). En los primeros ensayos de entrenamiento, el sujeto recibe siempre el tono seguido de la descarga porque el sujeto no ha aprendido todavía a evitar la descarga. En esos primeros ensayos, la descarga (EI) suscita una respuesta emocional de miedo (RI). Tras una serie de ensayos en los que aparecen emparejados el tono (EC) y la descarga (EI), el sujeto asocia los dos sucesos de forma que el tono adquiere características de señal y es capaz de suscitar la respuesta emocional de miedo (RC). Lo que el sujeto aprende en esta primera fase es a tener miedo al tono que señala la aparición de la descarga. Mowrer asume que el CC se adquiere en los primeros ensayos de entrenamiento en los que el sujeto no realiza la respuesta de evitación y que se mantiene durante todo el entrenamiento. También asume que el miedo es un suceso aversivo.

Una vez que el sujeto ha aprendido a tener miedo al EC y a suscitar la RC de miedo, se pone en funcionamiento el *segundo proceso*: el condicionamiento instrumental de la respuesta de evitación. El sujeto realiza la respuesta instrumental de modo que impide que se presente la descarga. Según Mowrer, el sujeto realiza la respuesta para huir

del miedo, no para huir de la descarga. Lo que motiva la respuesta de evitación es la reducción del miedo, no impedir que se presente la descarga. El reforzador negativo que mantiene le respuesta de evitación es la terminación del estímulo que suscita miedo y no tanto la ausencia de un estímulo aversivo. Mowrer considera que la reducción del miedo es una experiencia positiva por lo que actúa como reforzador de la respuesta de evitación.

Aunque ambos procesos aparecen de forma separada en el tiempo, sin embargo interactúan de manera secuencial para producir la respuesta de evitación.

Para poner a prueba la teoría de los procesos y observar por separado el funcionamiento de los dos procesos, los investigadores han ideado un procedimiento que se denomina de *impulso adquirido*. Brown y Jacobs (1947) realizaron un experimento de impulso adquirido en ratas. En una primera fase, introdujeron unas ratas en uno de los compartimentos de una caja de lanzadera. La puerta central, situada entre los dos compartimentos y que se mueve hacia arriba y hacia abajo, permanecía cerrada durante esta fase. Se les presentó un estímulo compuesto (tono y luz) seguido de una descarga. Después de cada ensayo se retiraba el animal de la caja. Al iniciar el ensayo se volvía a meter el animal en la caja, unas veces en un compartimento y otras en otro. El grupo control recibió el mismo tratamiento durante esta fase, pero sin la descarga. Ambos grupos realizaron un total de 20 ensayos. En la segunda fase de experimento, se abría la puerta central para que el animal pudiera pasar de un compartimento a otro. Se presentaba el estímulo compuesto (la señal) y se registraba si el animal pasaba al otro compartimento. Cuando el animal pasaba al otro compartimento se interrumpía la señal. Tras cada ensayo se sacaba el animal de la caja. El resultado del experimento se puede apreciar en la gráfica de la figura 8.6. La latencia de respuesta fue menor en el grupo experimental que en el grupo control. La respuesta aprendida fue la respuesta contingente con la señal. Recordemos que los animales del grupo experimental aprendieron a cruzar de un lado a otro de la caja obteniendo como único refuerzo la terminación de la señal. La finalización del estímulo que suscita el miedo parece ser suficiente para que el animal aprenda a realizar la respuesta instrumental. Así pues, estos datos apoyan la teoría de los dos procesos de Mowrer. Resultados similares han sido respaldados ampliamente en estudios posteriores.

Existen técnicas de modificación de conducta empleadas en psicología clínica que están basadas en los mecanismos de la teoría de los dos procesos. Por ejemplo, las personas que sufren agorafobia evitarán acudir a grandes espacios abiertos como son las grandes superficies comerciales para no sufrir ansiedad y miedo. Una posible explicación de esta conducta es que las personas que sufren este trastorno han aprendido a escapar del miedo (véase Mine-ka y Zinbarg, 2006). La técnica de la *inundación* utilizada para extinguir la respuesta de evitación está basada en los principios de la teoría de los dos procesos.

Sin embargo, esta teoría presenta algunos problemas. Una de las predicciones de la teoría es que el miedo motiva la conducta de evitación. Si esto es así, la cantidad de miedo debería correlacionar con la fuerza de la respuesta de evitación. Cuando el

entrenamiento de evitación es prolongado, la respuesta de evitación es muy fuerte y el miedo, por el contrario, es muy débil. Probablemente, una vez que la respuesta de evitación es un hábito y se realiza de forma consistente, la reducción de miedo no es importante para motivar la conducta de evitación.

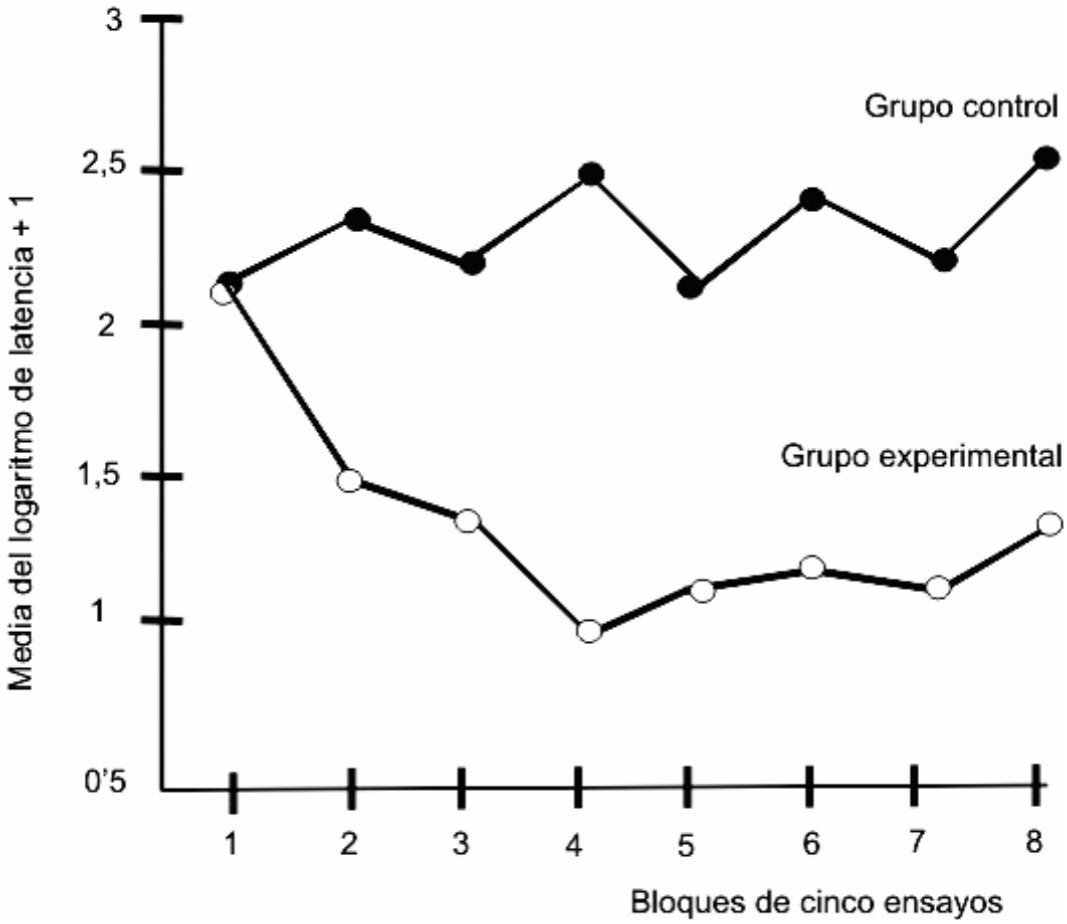


Figura 8.6. Latencias medias de la respuesta de paso. Dos grupos de ratas realizaron un experimento de impulso adquirido. El grupo experimental recibió en la primera fase entrenamiento en condicionamiento clásico. En la segunda fase se presentó la señal y se midió la latencia de la respuesta de paso. El grupo experimental obtuvo una latencia de la respuesta menor que el grupo control (Según Brown y Jacobs, 1949).

B) Teoría de la señal de seguridad

Esta teoría pone el énfasis en los estímulos que acompañan a la respuesta de evitación. Estos estímulos se denominan retroalimentadores o estímulos feedback porque podrían informar al sujeto acerca de cómo se ha realizado la respuesta. Tales estímulos pueden ser internos (táctiles, claves propioceptivas del movimiento, etc.) o externos como los estímulos que acompañan al correr o al apretar una palanca. En el condicionamiento de evitación sucede que cuando el sujeto realiza la respuesta

instrumental, luego hay un período libre de descargas. La teoría considera que estos estímulos que acompañan a la respuesta instrumental pueden adquirir características inhibitorias al señalar ausencia de un estímulo aversivo.

En un experimento realizado por D'Amato, Fazzaro y Etkin (1968) para poner a prueba esta teoría, entrenaron a unas ratas a presionar una palanca en la caja de Skinner para evitar una descarga. La realización de la respuesta de evitación iba seguida de un estímulo explícito para señalar el período de seguridad. El resultado fue que los sujetos que recibieron el estímulo feedback adquirieron la respuesta de evitación mejor que los sujetos del grupo control que no recibieron dicho estímulo. Estos resultados indican que los estímulos que acompañan a la respuesta de evitación pueden tener un efecto reforzador sobre la misma.

C) El estímulo aversivo como reforzador

Esta teoría considera que lo que motiva la respuesta de evitación es el estímulo aversivo. La rata corre ante la señal de aviso para impedir que ocurra la descarga (Sidman, 1962). Sidman sugirió este mecanismo a partir de una serie de resultados experimentales obtenidos mediante el procedimiento de evitación sin discriminar. Con este procedimiento los animales aprenden a evitar las descargas sin señal alguna que las prediga. Es fácil suponer que el tiempo sea la señal que prediga la aparición de la descarga. El paso del tiempo puede suscitar un aumento del miedo y la realización de la respuesta disminuir el miedo, llevando el reloj a cero. De esta manera, la respuesta instrumental se relaciona con la ausencia de miedo. No obstante, cuando se han utilizado períodos de tiempo variables, de forma que el animal no dispone de claves temporales que predigan con precisión la aparición de la descarga, también aprenden a evitarla. Parece, pues, que los animales detectan la contingencia respuesta-refuerzo y realizan la respuesta para reducir la frecuencia de la descarga (tasa, probabilidad, etc.).

Según la apreciación de esta teoría, el aprendizaje de evitación sería un proceso similar al de escape. En ambos casos hay un reforzador negativo que aumenta la fuerza de la respuesta. La diferencia está en que la respuesta de evitación reduce la probabilidad de recibir el estímulo aversivo y la respuesta de escape sólo lo retira cuando está presente.

Una de las limitaciones de esta teoría es que no explica los resultados proporcionados por los experimentos sobre impulso adquirido. Tampoco explica algunos resultados de la literatura sobre el aprendizaje de evitación. Por ejemplo, cuando la tarea consiste en presionar una palanca o correr por la rueda por parte de una rata, no se produce una reducción de la frecuencia de la descarga.

D) Teoría de las reacciones de defensa específicas de la especie

La teoría de las reacciones de defensa específicas de la especie (RDEE) fue propuesta por Bolles (Bolles, 1970). Este autor considera que no hay respuestas de evitación verdaderas, sino que éstas son respuestas de defensa específicas de la especie que se desencadenan de forma innata ante situaciones de amenaza o peligro. Ejemplos de estas respuestas son la carrera, el vuelo, la inmovilización, el enterramiento, la lucha, etc. Bolles considera que estas respuestas se han desarrollado a lo largo de la evolución porque resultan eficaces en las situaciones de peligro. Los animales van a desplegar su sistema de respuestas de defensa innato para sobrevivir. Cada especie dispone de una jerarquía de RDEE. Un animal elegirá la respuesta de defensa que sea más apropiada a la situación. En unos casos será mejor quedarse inmóvil, en otros correr y en otros atacar. Si una respuesta logra impedir que se presente el estímulo aversivo, tendrá más probabilidad de repetirse en circunstancias parecidas. Por el contrario, si una respuesta es castigada, será sustituida por otra que logre evitar mejor el estímulo aversivo. Por ejemplo, si introducimos una rata en la caja de Skinner y le administramos descargas en la parrilla del suelo, lo primero que hará será tratar de huir corriendo o saltando. Si estas respuestas no logran hacer desaparecer la descarga, elegirá otras RDEE que tengan más éxito. Llegará un momento en que conseguirá realizar la respuesta eficaz para librarse de la descarga.

Así pues, las respuestas de evitación no se repiten porque sean reforzadas, sino porque otras RDEE han sido castigadas. Entonces, ¿qué papel juega el refuerzo? Según Bolles ninguno. Y por las mismas razones tampoco tienen sentido las señales de aviso ni las señales de seguridad de las teorías anteriores.

Si las RDEE son innatas, ¿qué es lo que aprende el animal? El animal sólo aprende a discriminar qué situaciones son peligrosas. Siguiendo el razonamiento de esta teoría, se aprenderán mejor aquellas respuestas próximas a las RDEE que una respuesta más lejana. Los resultados experimentales muestran que es más fácil aprender a evitar una descarga si la respuesta adecuada es correr que si es presionar una palanca en la caja de Skinner. La respuesta de presión de palanca no es una respuesta natural y está alejada de las RDEE. Por ello es tan difícil aprenderla.

Admitiendo que hay respuestas que se asocian mejor con determinadas consecuencias que con otras (efecto de relevancia causal), no es menos cierto que los animales son capaces de aprender respuestas de evitación lejanas de las RDEE si se emplean los procedimientos adecuados. Un ejemplo claro lo tenemos en el aprendizaje de la respuesta de presión de palanca para evitar una descarga. La existencia de restricciones biológicas en el aprendizaje de la conducta de evitación no impide que los animales sean capaces de aprender conductas artificiales para evitar un determinado estímulo aversivo.

Esta abundancia de teorías explicativas del condicionamiento de evitación indica que los mecanismos implicados no están demasiado claros. Todas las teorías explican algunos aspectos del fenómeno, pero dejan otros sin contestar. La extinción de la conducta de evitación parece un fenómeno complejo donde la disminución del miedo no parece ser el único factor decisivo en la supresión de la respuesta.

8.6. El castigo

El procedimiento de castigo consiste en la presentación de un estímulo aversivo tras la realización de una respuesta instrumental. El resultado de este entrenamiento es una reducción de la fuerza de la respuesta (frecuencia, probabilidad, etc.) (véase Dinsmoor, 1997). En el castigo hay una relación de contingencia positiva entre la respuesta y la consecuencia (R → estímulo aversivo). Si el sujeto realiza la respuesta, le sigue el estímulo aversivo. En este caso al estímulo aversivo también se le denomina *estímulo punitivo* o *castigo*. Por ejemplo, si a una rata que presiona la palanca en la caja de Skinner para obtener comida, luego le cambiamos la contingencia de forma que cada vez que presione la palanca reciba una descarga en las patas, lo más probable es que el animal deje de presionar la palanca. Entonces decimos que la respuesta de presión de palanca es castigada y que el efecto de este tratamiento es la disminución de la respuesta. Si el castigo es eficaz, se produce una supresión total de la respuesta. Normalmente se establece una línea base de actuación del sujeto. Esta línea base representa el número de respuestas realizadas durante un período de tiempo determinado. Luego se introduce el castigo y se compara el número de respuestas emitidas durante la aplicación del castigo con la línea base de actuación del período anterior.

A nivel experimental, se pueden utilizar diferentes tipos de castigo como la descarga eléctrica, el calor, el frío, ruido fuerte, olor desagradable, etc., que causan dolor, náusea o enfermedades. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones utilizan la descarga eléctrica como estímulo aversivo para estudiar el procedimiento de castigo. La descarga es un estímulo fácil de controlar, no altera físicamente al animal y resulta muy efectivo para cambiar la conducta. Otros estímulos aversivos como el ruido fuerte, temperaturas extremas de frío o calor, olores, etc. resultan más difíciles de controlar y son menos efectivos. Este dato hay que tenerlo en cuenta a la hora de generalizar los resultados obtenidos con descargas a otras formas de castigo.

8.6.1. Variables

Existen una serie de variables que influyen en la efectividad del castigo. Entre ellas están la intensidad, la duración y la demora del castigo, los programas de castigo y la naturaleza de la respuesta castigada.

A) Intensidad del castigo

Hay una relación directa entre la intensidad del castigo y la supresión de la respuesta. Cuanto más intenso sea el castigo, más eficaz resulta para suprimir una respuesta (Church, Raymond y Beauchamp, 1967). La aplicación de castigos de intensidad baja suprime la respuesta solamente de forma temporal, volviendo la tasa de

respuesta a los valores anteriores a la aplicación del castigo. Los castigos de intensidades moderadas suprimen la respuesta de forma más duradera y los castigos de intensidad alta dan lugar a la supresión total y duradera de la respuesta.

Azrin y Holz (1961) realizaron un experimento de castigo con palomas. En una primera fase, las palomas fueron entrenadas a picotear un disco para obtener comida. En la segunda fase, las palomas fueron castigadas por picotear el disco con distintas intensidades de descarga según un programa de IF 5 min. Los resultados mostraron que el grado de supresión de la respuesta estaba en función de la intensidad del castigo (véase figura 8.7.). Cuanto mayor fue el castigo, mayor supresión de la respuesta se produjo. Cuando se utilizaron intensidades moderadas, hubo una recuperación parcial de la respuesta, pero cuando se utilizaron intensidades altas, no hubo ninguna recuperación de la respuesta. Además, los resultados indican que la experiencia previa con el castigo influye en la efectividad de un determinado castigo para suprimir la respuesta. Así, la aplicación de un castigo de 60 V tenía un efecto distinto sobre la respuesta dependiendo de la experiencia previa con la descarga (30 V o 60 V). Un tercer resultado fue que el castigo producía un efecto de rebote al aumentar la tasa de respuestas por encima de la línea base anterior al castigo.

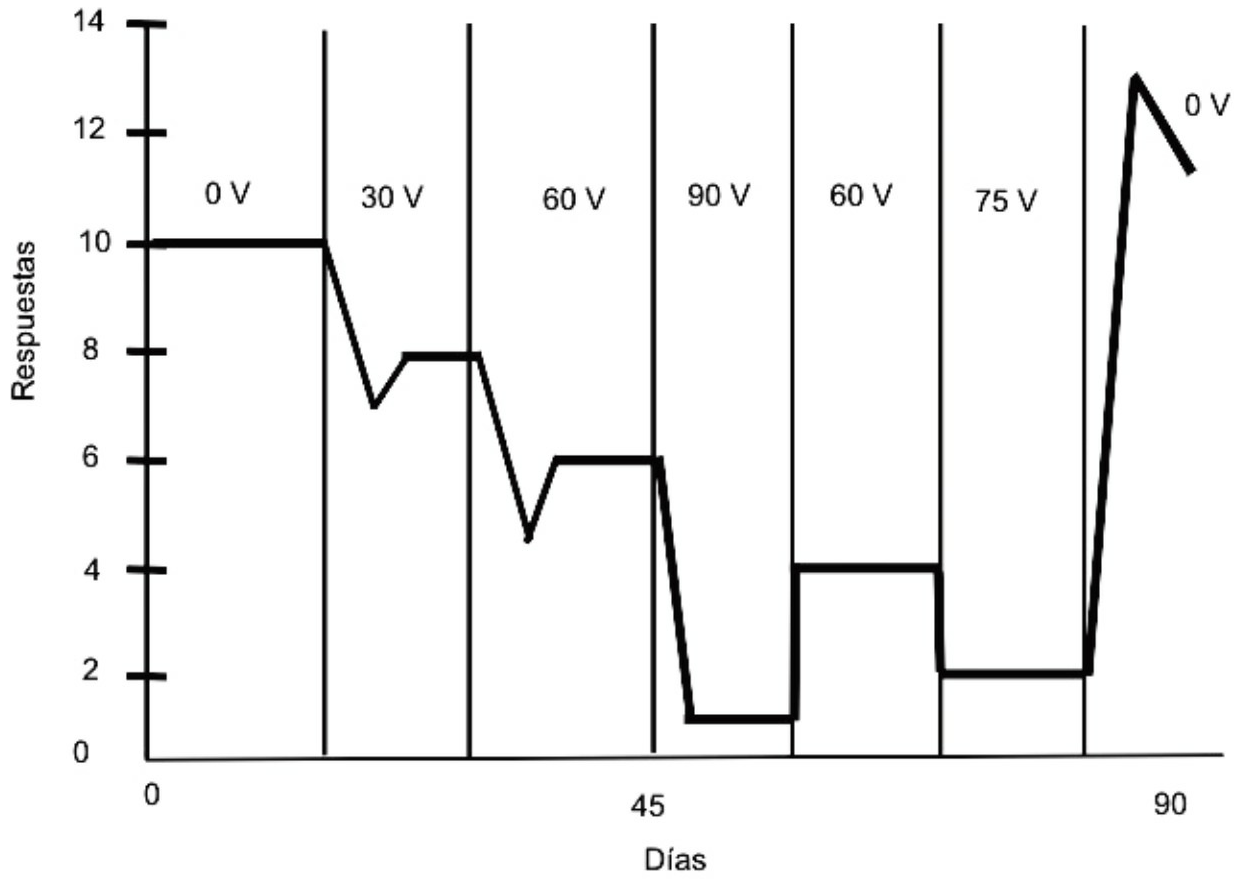


Figura 8.7. Efecto del castigo sobre la supresión de la respuesta. Cuanto mayor es el castigo, mayor es la supresión de la respuesta. Los cambios en la intensidad del castigo producen variaciones de la respuesta. La retirada del castigo produce una recuperación de la respuesta (Según Azrin y Holz, 1961).

Cuando las intensidades del castigo se van aumentando de forma progresiva a lo largo de la sesión experimental, la supresión de la respuesta es menor que si se comienza desde el principio con una intensidad y se mantiene durante todo el entrenamiento (Azrin, 1960). Los animales parecen habituarse a la descarga haciendo menos efectiva su aplicación.

¿Los efectos de la intensidad del castigo también ocurren fuera del laboratorio? Es muy probable que sí. Pongamos un ejemplo para ilustrar este efecto. Si nos fijamos en el número de personas fallecidas en accidentes de tráfico en España en los últimos años, observaremos que se ha reducido mucho en comparación con los años anteriores. El estado de las carreteras no ha variado y las campañas publicitarias se han mantenido como antes. Entonces, ¿cuál es la razón de este cambio? La reducción de los fallecimientos ha coincidido con la entrada en vigor del llamado "carnet por puntos" y con el aumento de la magnitud de las sanciones. En algunos casos las sanciones llegan hasta la retirada del carnet de conducir y la entrada en prisión. Es cierto que la reducción de personas fallecidas en la carretera puede atribuirse también a otras razones, pero una de las más importante ha sido, probablemente, el aumento de la magnitud de la sanción.

B) La duración del castigo

Hay una relación directa entre la duración del castigo y el grado de supresión de la respuesta. Cuanto mayor es la duración del castigo, mayor es la supresión de la respuesta. Church, Raymond y Beauchamp (1967) realizaron un experimento en el que unas ratas fueron entrenadas a presionar una palanca y luego mantenidas con un programa de IV 2 min. En una segunda fase se presentaba una descarga moderada de distinta duración según los grupos, cada vez que las ratas presionaban la palanca. Los resultados mostraron que la aplicación de castigos de corta duración producía supresiones temporales de la respuesta seguidas de recuperación, mientras que los castigos de duración moderada y larga producían una supresión de la respuesta mayor y permanente.

C) La demora del castigo

El castigo, lo mismo que el refuerzo, cuanto más cercano se presente a la respuesta, más efectivo es. Cuando el castigo se aplica de forma inmediata a la respuesta, la supresión de la respuesta es mejor que si se demora. A la vez, cuanto mayor es la demora del castigo menor es el efecto de supresión de la respuesta (Axelrod y Apsche, 1983). La razón parece ser simple. Cuando se retrasa la aplicación del castigo, éste puede suprimir otras respuestas distintas a la respuesta que se pretende suprimir. Así, pues, para que el castigo sea eficaz, ha de aplicarse de forma inmediata a la respuesta.

D) El programa de castigo

Para que el castigo sea eficaz, debe aplicarse de forma consistente. Es decir, siempre que el sujeto realice la respuesta, se aplicará el castigo. En un experimento realizado por Azrin, Holz y Hake (1963), para poner a prueba el efecto de los programas de castigo sobre la supresión de la respuesta, entrenaron a unas palomas a picotear un disco bajo un programa de IV 3 min. Cuando los animales consiguieron una tasa de respuestas estable, se aplicó el castigo bajo un programa de razón fija que variaba desde FR 1 a RF 1.000 según los grupos. Es decir, uno de los grupos recibía el castigo cada vez que realizaba la respuesta (RF 1) y otro tras realizar 1.000 respuestas (RF 1.000). Los resultados aparecen en la figura 8.8. Como se puede observar, la supresión de la respuesta disminuye a medida que aumenta el número de respuestas exigido por el programa de castigo. Cuando el refuerzo se aplicaba de forma continua y todas las respuestas eran castigadas (grupo RF 1), se suprimía totalmente la respuesta. Es decir, cuanto mayor era la relación de contingencia respuesta-refuerzo, mayor era el efecto del castigo sobre la supresión de la respuesta.

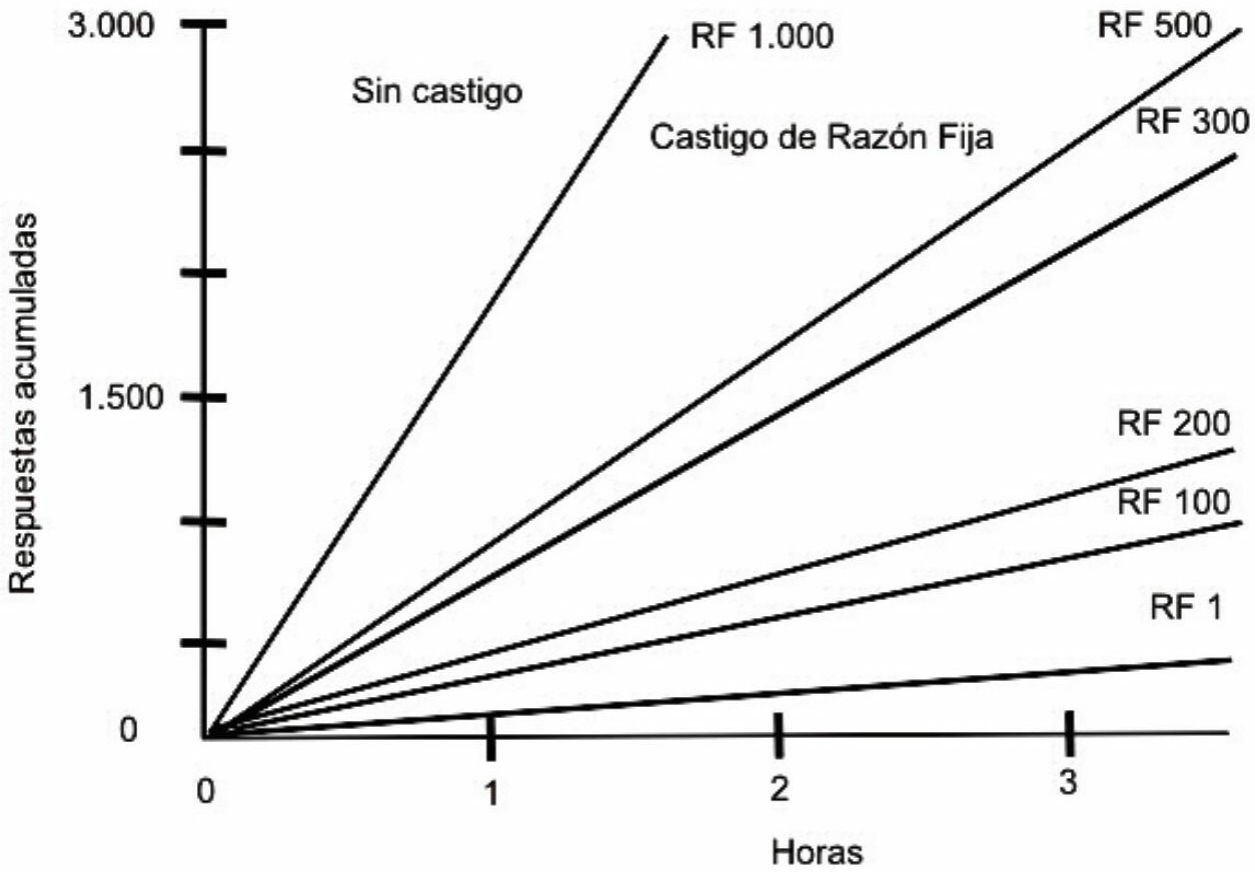


Figura 8.8. Registro acumulativo de la respuesta de picoteo de varios grupos de palomas que recibieron distintos programas de castigo de razón fija. El grupo control no recibió ningún entrenamiento de castigo. Las marcas oblicuas indican el momento de administración del castigo. Se puede apreciar que cuanto más alto fue el programa de castigo, menor fue la supresión de la respuesta (Según Azrin, Holz y Hake, 1963).

En la vida ordinaria encontramos con mucha frecuencia que el castigo se aplica de forma inconsistente. Por ejemplo, cuando unos padres pretenden suprimir una conducta inapropiada de su hijo y unas veces le reprenden por ello y otras, en cambio, no le dicen nada, el castigo no suprime esa conducta porque se aplica de forma intermitente. De la misma forma, una persona puede conducir un coche después de haber consumido alcohol o en estado de embriaguez sin recibir castigo alguno. ¿Qué posibilidades hay de que le pare la policía a este conductor y le sancione? La respuesta es: pocas. Sólo si casualmente se topa con un control policial o tiene un accidente. Aunque existen controles de policía móviles que paran a los conductores para hacerles la prueba de alcoholemia, la gran mayoría de las veces no son descubiertos porque no les paran. Cuando el castigo es inconsistente con la respuesta que se quiere suprimir, el castigo es poco eficaz.

E) Castigo discriminado

A veces el castigo cae bajo el control de un estímulo discriminativo. Esto quiere decir que el estímulo discriminativo señala cuándo va a aplicarse el castigo. Si se castiga una respuesta cuando el estímulo discriminativo está presente y no se castiga cuando no está presente, el efecto del castigo es muy limitado. Dinsmoor (1952) demostró este hecho en un experimento realizado con ratas. En una primera fase, les entrenó a presionar la palanca y luego aplicó un programa de IV 2 min para estabilizar la respuesta. En la segunda fase, presentó de forma alterna un período de 5 min, con la luz apagada, en el que el animal era castigado con una descarga cada vez que presionaba la palanca, y otro período de 5 min con una luz encendida y no era castigado. El resultado fue que las ratas aprendieron a suprimir las respuestas en el período de oscuridad, pero seguían dando las respuestas ante la luz. La oscuridad era el estímulo discriminativo que señalaba cuándo iban a ser castigadas.

Esto sucede con frecuencia en la vida ordinaria. Por ejemplo, el niño Pepito sabe que si mete el dedo en el tarro de la mermelada cuando está en casa de sus padres, será castigado, pero si lo hace en casa de su abuela, ella no le va a castigar. En este caso, Pepito suprimirá la conducta de meter el dedo en el tarro en casa de sus padres, pero continuará haciéndolo en casa de su abuela.

A veces ocurre que la persona que administra el castigo se convierte en el estímulo discriminativo que señala la disponibilidad del castigo. Esto es lo que sucede con cierta frecuencia cuando circulamos por carretera. Podemos ir conduciendo por encima de la velocidad permitida porque consideramos que no vamos a ser sancionados, pero si divisamos a lo lejos los guardias de tráfico, reducimos la velocidad de inmediato para no ser castigados. Nuestra conducción habrá caído en este caso bajo el control del estímulo discriminativo y, por tanto, el castigo resultará poco eficaz para suprimir los excesos de velocidad.

Así pues, para que el castigo sea eficaz son necesarias una serie de condiciones: a)

que sea aplicado de forma inmediata a la respuesta, b) que se aplique siempre que el sujeto realiza la respuesta, y c) que sea intenso y duradero, etc. Sólo se considera castigo si el estímulo punitivo suprime la respuesta. Si no suprime la respuesta, no es castigo.

8.6.2. Aplicaciones del castigo fuera del laboratorio

Se ha visto el funcionamiento del castigo en el laboratorio utilizando animales como sujetos experimentales y la descarga eléctrica como estímulo punitivo. Hemos de suponer que si aplicamos el procedimiento fuera del laboratorio siguiendo los principios del aprendizaje los resultados serían similares. ¿Es ineficaz el castigo como decía Skinner para suprimir respuestas a largo plazo? La respuesta es no. Es cierto que el castigo muchas veces no funciona, pero ello se debe a que se aplica de una forma inadecuada. Cuando se aplica de manera adecuada, el castigo es un sistema que suprime las conductas de forma inmediata, total y duradera (Gächter, Renner, y Sefton, 2008). Probablemente, a veces se prefiera el castigo porque su efecto es inmediato.

Pero, ¿es posible aplicar el castigo de manera que se den todas las condiciones necesarias para su eficacia? Fuera del laboratorio no se cumplen la mayoría de las condiciones. Por ejemplo, si tomamos la variable intensidad, sabemos que los castigos de intensidad baja no suprimen las respuestas y los moderados sólo tienen efecto a corto plazo. Como los castigos intensos son imposibles de aplicar por cuestiones éticas, el castigo resulta ineficaz. Si nos fijamos en la variable contingencia ocurre algo similar. El castigo debe aplicarse siempre que el sujeto realice la respuesta. Muchas veces los castigos no se aplican cada vez que el sujeto realiza la respuesta, sino sólo algunas veces. En otras ocasiones, el sujeto aprende cuándo va a ser castigado y sólo realiza la respuesta cuando está ausente el estímulo discriminativo y no la realiza cuando está presente. Lo mismo podríamos decir de la inmediatez del castigo. Con mucha frecuencia el castigo se aplica tarde, muy lejos de la respuesta que se pretendía castigar. Puede ocurrir que cuando se aplique el castigo, el sujeto esté ya realizando una conducta adecuada. Es decir, la aplicación demorada del castigo hace que la contingencia respuesta-castigo no exista.

Además, hay que tener en cuenta que aunque se aplique el castigo de forma adecuada, puede tener unos efectos indeseables (Axelrod y Apsche, 1983). Por ejemplo, el castigo suscita conductas emocionales como lloros, chillidos, etc. En algunas personas genera también respuestas agresivas contra la persona que aplica el castigo o contra cualquier objeto que tenga a mano. La persona que aplica el castigo también puede convertirse en estímulo aversivo por su asociación con el castigo. Cuanto ocurre esto, la persona castigada evita al que aplica el castigo. Con mucha frecuencia la persona que aplica el castigo puede descargar su tensión o agresividad y se sobrepasa. Además, las situaciones de agresividad se pueden complicar si la persona castigada reacciona agresivamente.

Así pues, aunque el castigo pueda ser eficaz para suprimir respuestas si se aplica de

forma adecuada, son tantas las dificultades para lograrlo y sobre todo los efectos secundarios que produce, que su uso puede resultar ineficaz. Además, en muchas sociedades democráticas la aplicación del castigo está prohibido por la ley. Sólo se permite aplicar el castigo al Estado. Por ello, es preferible utilizar otros procedimientos alternativos para suprimir respuestas indeseables, aunque sus efectos sean más lentos (por ejemplo, la extinción, la omisión, el reforzamiento de respuestas alternativas, etc.).

8.7. Estimulación aversiva no contingente

Cuando se aplican estímulos aversivos no contingentes a los animales, se suscitan una serie de conductas de defensa que van desde el ataque, al intento de huida o la inmovilización, etc. A veces aparecen también otras conductas como beber, manipular cosas, explorar, etc., que nada tienen que ver con las conductas de defensa. Los etólogos denominan a estas conductas "*conductas de sustitución"* y suelen aparecer en situaciones de conflicto del animal.

Cuando se presenta una descarga en la parrilla del suelo, normalmente las ratas suelen atacar con mordiscos la parrilla del suelo y a los animales que estén presentes y a los objetos que estén cerca.

8.7.1. La indefensión aprendida

Cuando los organismos son expuestos a una estimulación aversiva no contingente, no sólo responden con respuestas de defensa típicas de la especie como acabamos de ver, sino que también aprenden que su conducta no tiene ningún control sobre el estímulo aversivo, pudiendo interferir en el aprendizaje posterior tanto en tareas aversivas como apetitivas.

En la década de 1960, Maier, Overmier, Seligman y Solomon informaron por primera vez que los animales que eran sometidos a estímulos aversivos incontrolables, luego tenían dificultad en aprender nuevas tareas de escape y evitación (Seligman y Maier, 1967). En estos primeros trabajos se utilizaron perros callejeros como sujetos. El procedimiento experimental consistía en inmovilizar a los perros con un arnés y luego aplicarles descargas eléctricas inescapables. En una segunda fase, se presentaba una descarga escapable en la parrilla del suelo de una caja de salto con dos compartimentos y el animal podía liberarse de la descarga o evitarla pasando al otro compartimento. El resultado fue que los perros que habían sido sometidos en la primera fase a descargas inescapables, luego tenían dificultad en aprender a escapar o evitar la descarga en la fase de prueba, comparado con el grupo control que no había recibido tratamiento y el grupo escapable que sí había recibido descargas en la primera fase. Esta interferencia en el aprendizaje se denominó efecto de *indefensión aprendida* (en inglés *learned helplessness*) porque ocurría sólo después de la exposición a las descargas inescapables.

En años posteriores se demostró el mismo fenómeno de la indefensión en muchas otras especies, incluido el hombre (véase Mikulincer, 1994). La indefensión aprendida se ha utilizado para explicar algunos problemas humanos como la depresión, el maltrato, el fracaso escolar, etc. (Seligman, Schulman y Tryon, 2007).

A) Metodología

El estudio de la indefensión aprendida se ha realizado utilizando el *diseño triádico*. Este diseño consta de dos fases y se emplean tres grupos (véase figura 8.9). En la primera fase, un grupo *escapable* es expuesto a un suceso aversivo controlable por su respuesta. Hay un segundo grupo *inescapable acoplado* en el que los sujetos son expuestos al mismo suceso aversivo, pero no lo pueden controlar mediante su respuesta. El tercer grupo es el *grupo de control* cuyos sujetos no reciben tratamiento. En la fase de prueba, los tres grupos son sometidos a la misma tarea instrumental. Normalmente se emplea una prueba de evitación discriminada.

Los estímulos ambientales que se suelen utilizar son descargas eléctricas aplicadas mediante un programa de tiempo variable.

Grupos / Fases	Escapable	Inescapable (Acoplado)	Control
Fase I : Tratamiento	$R \rightarrow E^{r-}$	DE	----------
Fase II : Prueba	$E^{d} \rightarrow R \rightarrow E^{r-}$	$E^{d} \rightarrow R \rightarrow E^{r-}$	$E^{d} \rightarrow R \rightarrow E^{r-}$

Figura 8.9. Diseño triádico utilizado para estudiar el fenómeno de la indefensión aprendida cuando se trabaja en contextos aversivos. DE = descarga eléctrica.

B) Déficits de la indefensión aprendida

El entrenamiento previo con sucesos aversivos incontrolables produce una serie de déficits a nivel motivacional, cognitivo y emocional.

1. Déficit motivacional

El sujeto aprende que su conducta es independiente de sus consecuencias, que haga lo que haga el suceso aversivo va a ocurrir. Esta expectativa *reduce la motivación para responder* porque el sujeto anticipa que no va a recibir el refuerzo. La lógica del razonamiento sería el siguiente: si no voy a ser capaz de liberarme de la descarga, ¿para qué seguir intentándolo? Al reducir la motivación del incentivo se produce un retraso en la iniciación de las respuestas, un menor número de cruces en la caja de salto, menor número de respuestas correctas, pasividad, falta de perseverancia, etc.

2. Déficit cognitivo

En la fase de prueba el sujeto puede percibir que su conducta es capaz de controlar la descarga, pero no espera que esta relación se mantenga en el futuro. Esta diferencia entre lo esperado (catastrófico: "nunca va a ser posible") y lo real (positivo: "sí es posible") interfiere a la hora de aprender nuevas conductas. La disposición cognitiva negativa da lugar a un aumento de los errores, a un aumento del tiempo en resolver tareas, etc. En los humanos hay dificultades para comprender, para tomar decisiones, memorizar, etc.

3. Déficit emocional

Se producen una serie de cambios emocionales como aumento de la emotividad, ansiedad, frustración y miedo. Cuando la experiencia es larga se produce depresión, etc. En algunas ratas aparecen pequeñas úlceras gástricas. En los humanos se manifiesta en síntomas como cefaleas, pérdidas de peso, úlceras gástricas, estrés, tristeza, depresión, hostilidad, agresión, etc.

C) Hipótesis explicativas

La primera explicación que propusieron Seligman y cols. sobre los fallos de aprendizaje fue la hipótesis de la *indefensión aprendida*. Según esta propuesta, el efecto de indefensión se debía más a la falta de control de la descarga que a la exposición de la misma. Los perros que recibieron las descargas de forma controlable en la primera fase, no sufrieron el efecto de indefensión en la fase de prueba. Según Seligman y cols. (Seligman y Maier, 1967), cuando la descarga era inescapable los perros aprendían que eran incapaces de ejercer control sobre la misma mediante su conducta voluntaria, y que no lo serían en el futuro (expectativa de no contingencia futura). Esta *pérdida de esperanza* de que en el futuro serán capaces de aprender nuevas conductas para escapar o evitar las descargas, será el causante directo de la alteración de tres procesos psicológicos (motivacional, cognitivo y emocional) y de los cambios conductuales resultantes.

La hipótesis de la indefensión aprendida formulada para explicar estos fallos en el aprendizaje provocó una gran controversia en su momento entre los teóricos del aprendizaje porque cuestionaba algunos de los principios de la teoría del aprendizaje E-R. En primer lugar, porque se proponía un nuevo tipo de aprendizaje (aprendizaje de contingencia cero R-E^r), y en segundo lugar, porque el aprendizaje se representaba cognitivamente como una formación de expectativas. Dentro de esta controversia se criticaba la teoría de la indefensión por la imposibilidad de verificarla ni falsarla debido a que las cogniciones no son observables. Por otra parte, estas ideas estimularon nuevas líneas de investigación que han llegado hasta nuestros días y que tratan sobre los juicios de control, causalidad, contingencia, expectativas respuesta-resultado, etc. como determinantes de la conducta.

Dentro de esta controversia, aparecieron nuevas hipótesis alternativas que se centraron sólo sobre el déficit motivacional. Weiss y cols. propusieron una *hipótesis fisiológica* para explicar el efecto de interferencia en el aprendizaje posterior (Weiss, Glazer y Pohorecky, 1974). Como los efectos del fenómeno de la indefensión aprendida desaparecían al cabo de 48 horas, se sugirió que podía producirse un descenso de los niveles de determinados neurotransmisores durante ese tiempo y luego se recuperarían. Como la descarga eléctrica es un estresante muy fuerte, podría agotar los niveles de neurotransmisores implicados en la producción del movimiento. Ésta sería la causa de que el animal no pueda moverse y tarde en aprender la respuesta de escape/evitación en la fase de prueba. Es decir, el mecanismo de mediación de los efectos de indefensión es neuroquímico y no aprendido. Weiss comprobó que se producía un descenso en los niveles circulantes de algunos neurotransmisores como la noradrenalina, serotonina, dopamina y acetilcolina (Weiss, Glazer y Pohorecky, 1976). Posteriormente se demostró que este descenso en determinados neurotransmisores no explicaba por sí solo el efecto de interferencia. Seligman y Groves (1970) encontraron que los perros que recibían varias sesiones de descarga inescapables mostraban luego los efectos conductuales de la indefensión de forma permanente y, sin embargo, el nivel de noradrenalina volvía a los valores normales. Estos datos parecen indicar que los déficits neuroquímicos son transitorios, mientras que los déficits conductuales pueden durar varios días e incluso años. Por otra parte, siempre que el animal aprende implica algún cambio a nivel cognitivo y neuroquímico.

Otra propuesta alternativa fue la hipótesis de la *inactividad aprendida* o de la respuesta motora competidora (Glazer y Weiss, 1976). Esta hipótesis incluye varias formulaciones, aunque todas ellas coinciden en señalar que los animales sometidos a descargas inescapables en la primera fase, adquieren respuestas motoras que se transfieren a la fase de prueba y que son incompatibles con la respuesta de escape-evitación requerida. Según esta hipótesis, los animales en la primera fase aprenden a quedarse inmóviles ante las descargas inescapables. Se trataría de un reforzamiento accidental de las respuestas de inmovilidad posteriores a la descarga. Luego, este aprendizaje lo transfieren a la fase de prueba de tal forma que, cuando reciben la descarga, se quedan inmóviles en vez de correr y escapar. Tienen dificultad en aprender

la respuesta de escape-evitación porque están realizando otra respuesta incompatible. Así pues, la indefensión aprendida no se produce tanto por un problema cognitivo, sino por un déficit conductual o de ejecución.

Años más tarde, Overmier (1985) propuso la *teoría bifactorial* para explicar el fenómeno. Este autor considera que existen dos factores causales de los efectos de esta interferencia en el aprendizaje: la incontrolabilidad y la impredecibilidad. Cada uno de los factores es el responsable de unos déficits. La incontrolabilidad produce los déficits motivacionales y la impredecibilidad los déficits cognitivos. Otros autores han aportado datos que apoyan esta hipótesis (Ferrándiz y Vicente, 1997).

En años más recientes se ha propuesto la *hipótesis de la ansiedad* para explicar la interferencia proactiva en el aprendizaje (Minor, Dess y Overmier, 1991). Parte del hecho de que las descargas eléctricas escapables e inescapables tienen características ansiógenas distintas. Las descargas inescapables inducen más miedo que las escapables. Los defensores de esta hipótesis consideran que la ansiedad que suscitan las descargas inescapables serían la causa del efecto de interferencia. Las descargas inescapables producen miedo condicionado a las claves del aparato y a la vez alteraciones en los niveles de los neurotransmisores circulantes. Estos dos factores interactuarían para interferir en el aprendizaje posterior. Aunque los niveles de los neurotransmisores vuelvan pronto a los valores normales, la ansiedad producida por las claves del aparato dura más tiempo.

Cuando se presenta un estímulo breve al final de cada descarga inescapable, se reducen los efectos de la indefensión en la fase de prueba (Ferrándiz y Vicente, 1995). Este *estímulo feedback* adquiere propiedades de señal de seguridad o alivio reduciendo el nivel de estrés. El estado de relajación que suscita este estímulo facilita el aprendizaje en la fase de prueba. Estos resultados indican que la ausencia de contingencia entre la respuesta y sus consecuencias puede influir poco en los efectos de la indefensión aprendida.

Estudios más recientes han hecho hincapié en el papel que juegan las variables intrínsecas sobre las diferencias individuales en la indefensión aprendida (Vicente y Díaz-Berciano, 2005). En esta investigación de Vicente y Díaz-Berciano se ha demostrado que las ratas socialmente dominantes, cuando son sometidas a descargas inescapables, después muestran menor latencia de respuesta en la fase de prueba que las socialmente sumisas.

Abramson, Seligman y Teasdale (1978) propusieron un modelo reformulado de la hipótesis de la indefensión del fenómeno animal con algunos cambios de lenguaje para acomodarla a los humanos. Parten de la idea de que los las personas cuando les ocurre cualquier hecho se preguntan sobre la causa del mismo. Es decir, realizan atribuciones causales.

Una dimensión de la atribución es la creencia de que la incontrolabilidad del suceso aversivo se debe a *causas internas* o *externas* (dimensión interno-externo). Por ejemplo, cuando un estudiante suspende un examen puede atribuir el suspenso a que no tiene capacidad para los estudios (atribución interna). Por el contrario, cuando una persona

pierde su trabajo puede atribuirlo a que la empresa ha reducido plantilla por falta de trabajo (atribución externa). Las personas indefensas se preguntan también el "porqué" de su incapacidad para controlar el estímulo aversivo e intentan descubrir las causas. Pueden hacer atribuciones internas cuando consideran que un determinado hecho se debe a ellas mismas. En este caso atribuirán la causa a su habilidad, su inteligencia, etc. Por ejemplo, si una persona dice "soy incompetente" o "soy un fracaso" está haciendo una atribución interna. Ante situaciones de fracaso, las atribuciones internas llevan a una *pérdida de la autoestima*. Las personas pueden hacer atribuciones externas si consideran que el fracaso se debe a la dificultad de la tarea, a la suerte, etc. Así pues, las personas que hacen atribuciones internas ante situaciones de fracaso, tienen más probabilidad de sufrir los efectos de la indefensión.

Otra dimensión de la atribución es la creencia de que la incontrolabilidad del suceso aversivo se debe a *causas estables o inestables* (dimensión estabilidad-inestabilidad). Las causas son estables cuando se considera que siempre o nunca estarán presentes. Si digo "siempre me salen mal las cosas" estoy haciendo una atribución estable. Si por el contrario digo que "algunas veces estoy muy cansado", estoy haciendo una atribución inestable. Cuando las personas hacen *atribuciones estables* ante situaciones de fracaso provoca que los déficits propios de la indefensión sean *crónicos*, pero si las *atribuciones son inestables* serán *transitorios*.

La tercera dimensión de la atribución es la creencia en que la incontrolabilidad del suceso aversivo *se generaliza* o *se limita a la tarea original* (dimensión globalidad-especificidad). Si considero que este fracaso me ocurre en todas las situaciones estoy realizando una atribución global. Un ejemplo de atribución global sería si digo "soy un incompetente para todo" o "todos me odian". En cambio, la atribución específica se limita a la tarea original, en la que se ha fracasado. Un ejemplo de atribución específica sería si digo "soy incompetente para conducir" pero no para otras cosas. Ante situaciones de fracaso, una atribución global produce déficits en todas las situaciones, mientras que la atribución específica sólo le ocurre en la situación original.

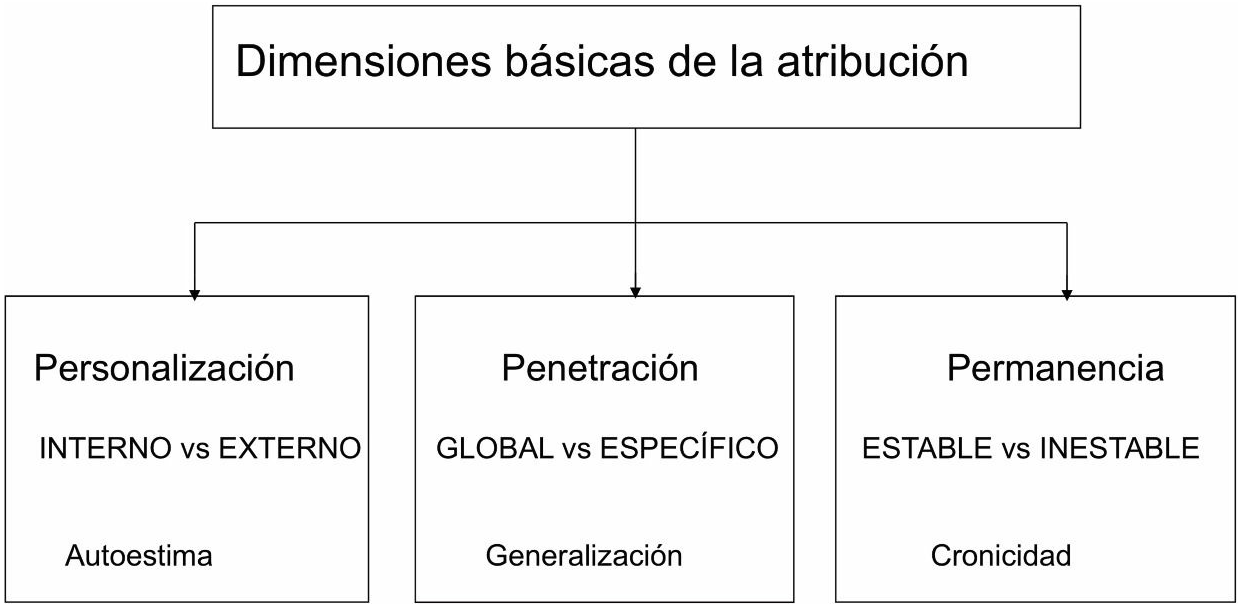


Figura 8.10. Dimensiones de las atribuciones causales que hacen las personas según la teoría reformulada de la indefensión aprendida de Abramson, Seligman y Teasdale (1978).

Las personas que hacen atribuciones estables ante situaciones de fracaso, tienen más probabilidad de sufrir los efectos de la indefensión.

Así pues, si ante situaciones de fracaso una persona hace atribuciones internas, estables y globales, aumenta la probabilidad de sufrir el síndrome de indefensión aprendida.

D) Inmunización

Desde el descubrimiento del fenómeno de la indefensión se investigó la manera de prevenir los efectos de la indefensión debido a su interés. Maier y Seligman (1976) informaron que el entrenamiento previo con sucesos aversivos controlables inmunizaba a los sujetos contra la interferencia en el aprendizaje posterior. Los mismos autores comprobaron que cuando los estímulos aversivos incontrolables eran predecibles, se prevenían los efectos de la indefensión. Estos resultados han sido corroborados por muchas otras investigaciones. También se ha comprobado el mismo efecto inmunizador cuando se presenta un estímulo *feedback* (Ferrándiz y Vicente, 1995) o el entrenamiento previo mixto con sucesos aversivos controlables e incontrolables (Vicente, Ferrándiz y Díaz-Berciano, 2006) y las variables intrínsecas dominancia social (Vicente y Díaz-Berciano, 2005).

La indefensión aprendida se ha utilizado para explicar muchos fenómenos, desde la depresión hasta el maltrato. En los últimos años la línea de investigación sobre indefensión aprendida en los humanos se ha dirigido hacia el tema de la prevención. La

psicología positiva, liderada por Seligman, se interesa por el estudio científico de lo que constituyen las fortalezas personales, las emociones positivas, el carácter positivo, las intuiciones positivas, el pensamiento optimista, etc. Si las personas aprenden a ser optimistas afrontan los acontecimientos negativos de la vida con una forma de pensar más racional y más objetiva, aumentando las probabilidades de éxito personal, social y laboral.

8.8. Resumen

Se ha estudiado cómo aprenden los animales a afrontar los sucesos aversivos. Los animales disponen de un equipamiento biológico y conductual heredado para defenderse de sus predadores. Junto a ello, también tienen un repertorio conductual aprendido para afrontar los sucesos y situaciones desagradables. De cara a la supervivencia, resulta ventajoso a los organismos aprender a escapar y a evitar a los predadores como sistema de defensa. Hay otras situaciones en las que la conducta va seguida de un estímulo aversivo que reduce su frecuencia. Es el caso del castigo. Otras veces el estímulo aversivo se aplica de forma no contingente con la respuesta. En estos casos en los que el sujeto no tiene control sobre la aparición de la consecuencia aversiva, se producen fallos en el aprendizaje posterior. Es el fenómeno de la *indefensión aprendida*.

El *refuerzo negativo* es el estímulo que sigue a la respuesta y cuya retirada o eliminación inmediata aumenta la probabilidad de la misma. En el *procedimiento de reforzamiento negativo* (escape y evitación) hay una relación de contingencia negativa entre la respuesta y la consecuencia. La realización de la respuesta elimina la consecuencia aversiva (escape) o impide que se presente la misma (evitación). El resultado es un aumento de la probabilidad de la respuesta. En cambio, en el *procedimiento de castigo* hay una relación de contingencia positiva entre la respuesta y la consecuencia. La realización de la respuesta va seguida de un estímulo punitivo. El resultado de este entrenamiento es la disminución de la probabilidad de la respuesta.

En el condicionamiento de evitación discriminada hay un estímulo que señaliza la disponibilidad del reforzador. Si el sujeto realiza la respuesta impide que se presente el estímulo aversivo. En el procedimiento de evitación sin discriminar el sujeto puede aprender a evitar una descarga si los estímulos aversivos se presentan de forma regular, sin necesidad de ninguna señal de aviso. Existen una serie de variables que influyen en el condicionamiento de evitación como la intensidad del estímulo, intervalo entre estímulos, intervalo entre ensayos, intervalo entre sesiones, etc.

La teoría de los procesos de Mowrer considera que hay dos procesos implicados en el aprendizaje de evitación que aparecen diferenciados en el tiempo. *En primer lugar*, se produciría un proceso de *condicionamiento clásico* en el que el sujeto aprende a tener miedo a la señal de aviso (EC) y, *en segundo lugar*, un *condicionamiento instrumental* en el que el sujeto aprende la respuesta de evitación, reforzada por la reducción del miedo. La idea central es que la respuesta instrumental de evitación está motivada por el

miedo.

En el procedimiento de castigo si el sujeto realiza la respuesta, le sigue la presentación del estímulo aversivo que reduce la fuerza de la misma. Su eficacia depende de que sea intenso, inmediato, con un programa continuo, etc.

Cuando los organismos son expuestos a una estimulación aversiva no contingente, no sólo responden con respuestas de defensa típicas de la especie, sino que también aprenden que su conducta no tiene ningún control sobre el estímulo aversivo. La expectativa de no contingencia presente y futura puede interferir en el aprendizaje posterior tanto en tareas aversivas como apetitivas. Esto es lo que se conoce como fenómeno de la indefensión aprendida. Los organismos manifiestan déficits motivacionales, cognitivos y emocionales.

9
Procesos de generalización y discriminación

9.1. Introducción

Los estímulos que anteceden a la respuesta y que señalizan la disponibilidad del refuerzo pueden determinar si se realiza la respuesta o no se realiza. Puede haberse establecido una relación respuesta-consecuencia y sin embargo no reforzarse la respuesta cuando el sujeto la realice. ¿Cómo es esto posible? En muchas ocasiones la respuesta sólo es reforzada ante determinados estímulos y en determinadas situaciones o contextos. Por ejemplo, los animales que viven en grupos grandes tienen que saber identificar a sus crías. Los animales tienen que aprender qué comida es nutritiva y qué comida es potencialmente venenosa y responder de forma similar a estímulos con características similares. Si quieren evitar el peligro de los predadores, los animales tienen que ajustar su conducta a las circunstancias cambiantes del medio. Si quieren sobrevivir, los animales tienen que cambiar sus hábitos de alimentación ante los cambios estacionales, etc.

De la misma forma, los humanos ajustamos nuestra conducta a la situación. Por ejemplo, sabemos que gritar en el estadio de fútbol tiene muchas probabilidades de ser reforzado, mientras que hacerlo en clase daría lugar a la expulsión del alumno porque no es el contexto adecuado. Alguno de los lectores habrá comprobado que estudiar en vacaciones mientras la familia y los amigos están disfrutando en la playa, en la nieve, en la discoteca, etc. no es el contexto adecuado para hacerlo. En cambio, estudiar en una biblioteca donde hay silencio y gente también estudiando, es un contexto más idóneo para ello. En estos casos decimos que la conducta está controlada por el estímulo discriminativo que señaliza cuándo está disponible el refuerzo. Así pues, no sólo es necesario establecer la relación entre la respuesta y sus consecuencias, sino que hay que aprender bajo qué circunstancias va a estar disponible el refuerzo. El control por el estímulo nos permite discriminar cuáles son las situaciones en las que una conducta va a ser reforzada y cuáles no.

Para saber si una conducta instrumental está bajo el control de un estímulo discriminativo basta comprobar si cambia cuando se varían las características del estímulo. Si presentamos a una paloma dos discos con colores distintos, uno rojo que señaliza la presencia de comida y otro verde que señaliza ausencia de comida, la paloma aprenderá a picotear el disco rojo para obtener comida y no picoteará el disco verde. Si la paloma se comporta de esta manera, diremos que ha aprendido a discriminar qué color

del disco está relacionado con la comida y cuál no. Se dice entonces que la conducta de picoteo de la paloma está bajo el control del disco rojo porque responde de forma diferente ante ese estímulo que ante el disco verde. Si la paloma no discriminara entre los dos colores y respondiera por igual ante el disco rojo y el verde, se diría que su conducta de picoteo no está bajo el control de los colores de los discos. Así pues, la *discriminación* consiste en responder de forma distinta a dos o más estímulos basándose en las diferencias aparentes. Si se responde igual a todos los estímulos, ya no hay discriminación y, por tanto, tampoco control de los estímulos antecedentes.

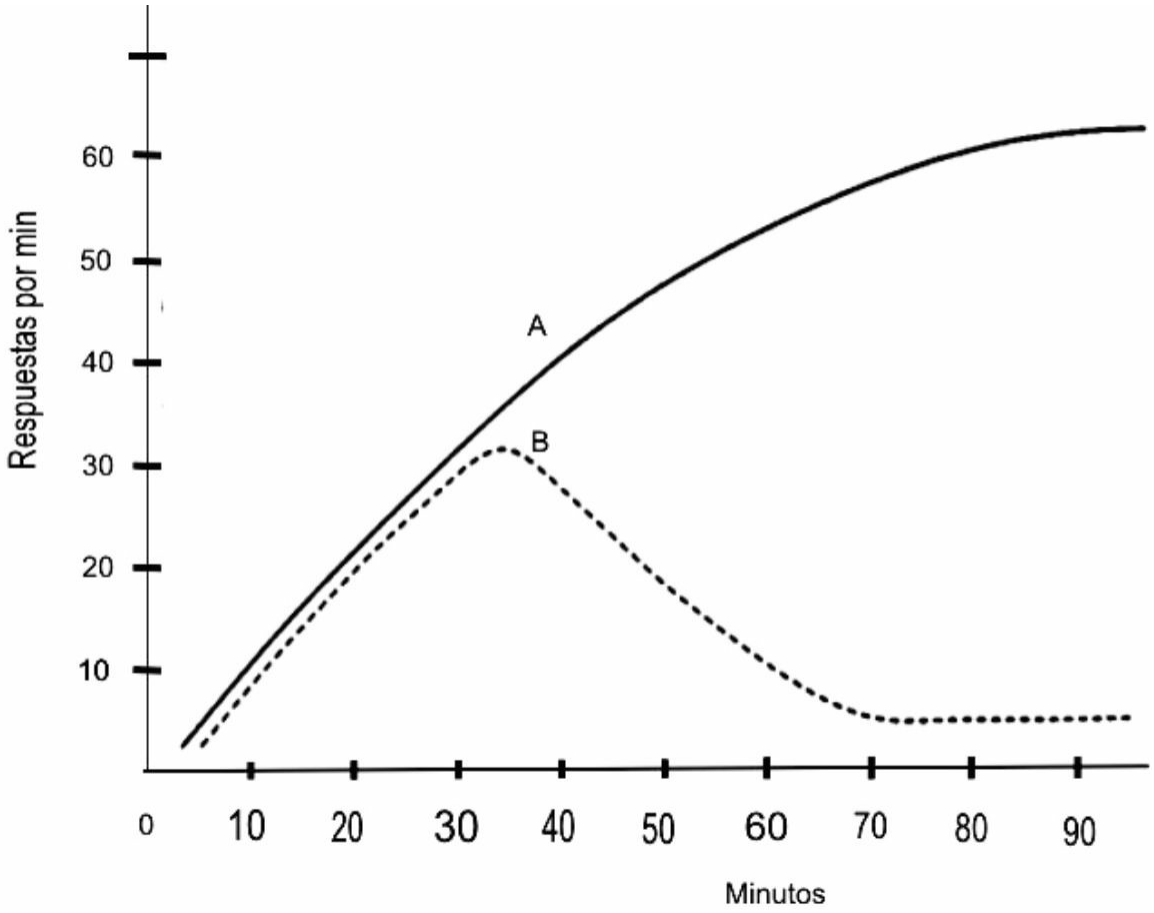


Figura 9.1. Curva teórica de un entrenamiento típico en discriminación. Si una paloma picotea el disco rojo (E+) es reforzada con comida y si picotea el disco verde (E–) no es reforzada. En la figura se muestran las respuestas emitidas ante el E+ (A) y ante el E– (B).

Cuando una respuesta es reforzada en presencia de un estímulo discriminativo, no sólo este estímulo adquiere la capacidad de controlar la respuesta, sino también otros estímulos parecidos van a ejercer un control similar sobre la misma. Es la generalización estimular. La *generalización* de estímulos es el fenómeno contrario a la discriminación y consiste en responder de forma similar ante dos o más estímulos distintos que son muy similares entre sí. Cuanto más parecidos sean los estímulos entre sí, más probabilidad

habrá de que el sujeto responda de forma similar. Pavlov fue el primero que observó en sus estudios de condicionamiento clásico que los perros no sólo se condicionaban al sonido de la campana, sino también a estímulos similares. En el condicionamiento instrumental ocurre algo similar. La respuesta del sujeto no sólo está bajo el control de un estímulo discriminativo determinado, sino también de otros estímulos similares.

La generalización de estímulos es un fenómeno general ya que se ha encontrado en cualquier dimensión sensorial, en cualquier especie animal y en cualquier tipo de aprendizaje. Su importancia adaptativa es innegable. De cara a la supervivencia los organismos no pueden entrenarse en todas las variaciones que pueden tener los estímulos. El sistema es económico: se aprende acerca de un estímulo y de los estímulos parecidos. Por ejemplo, sería trágico para un niño el que no reaccionara ante la presencia de su madre sólo porque ésta hubiera cambiado de vestido. Pero también la generalización excesiva sería peligrosa. Si el niño se fuera con cualquier mujer que encontrara por la calle pondría en riesgo su vida. Por suerte, los organismos disponen del aprendizaje de discriminación que limita los excesos de la generalización.

El estímulo discriminativo que señaliza la disponibilidad del refuerzo normalmente se abrevia como E^d o S+ y el estímulo que señaliza la ausencia de refuerzo se abrevia como S^Δ o S-. Ambas abreviaturas se usarán en este libro.

En resumen, el control por el estímulo indica que ciertos estímulos o ciertas dimensiones de los estímulos ejercen un control sobre la realización de la respuesta. El control por el estímulo engloba la *generalización* y la *discriminación*.

La generalización y discriminación en el condicionamiento instrumental se suelen estudiar conjuntamente con la generalización y discriminación en el condicionamiento clásico.

9.2. El gradiente de generalización del estímulo

Un gradiente de generalización del estímulo es la relación sistemática que hay entre las variaciones de algún aspecto del estímulo y la fuerza de la respuesta. Los gradientes de generalización se utilizan para medir el control que un estímulo tiene sobre la realización de la respuesta.

Existen varios métodos para la construcción de los gradientes de generalización. Uno de los métodos es el del *estímulo único*. En una primera fase de *adquisición*, se entrena al sujeto a responder ante un E+ y es reforzado por ello. En la segunda fase de extinción, se presenta el estímulo de prueba que se encuentra a cierta distancia del E+ en la dimensión de generalización. En esta fase no se refuerza la respuesta. De esta manera se obtiene un punto del gradiente. Para cada estímulo de prueba se emplea un grupo de sujetos. Este método es muy preciso, pero muy largo y costoso.

Un método más frecuentemente utilizado es el del *estímulo repetido*. La primera fase es similar al método anterior: se entrena al sujeto a realizar una respuesta que es reforzada ante un E+. En la fase de *extinción* o *prueba de generalización*, se presentan

de forma aleatoria el E+ y muchos otros estímulos semejantes de prueba, y se observa la respuesta del sujeto ante cada uno de ellos. Se presentan varias veces tantos estímulos de prueba como puntos del gradiente se desee explorar. Durante esta fase las respuestas no son reforzadas. Se promedian los índices obtenidos en cada estímulo y se construye con ello el gradiente. En el eje de ordenadas se representa el promedio de respuestas, la latencia, amplitud media, etc. El inconveniente de este método es que el orden de presentación de los estímulos de prueba pueda influir en la ejecución de la respuesta. Como los estímulos se presentan en la fase extinción, el sujeto está más motivado a responder en las primeras presentaciones de estímulos que en los últimos. Para evitar en alguna medida este problema, en la fase de adquisición se entrena a los sujetos con un programa de IV que produce un nivel de actuación estable.

Como la generalización se produce tanto ante estímulos excitatorios como inhibitorios, encontramos gradientes de generalización excitatorios e inhibitorios.

En un experimento clásico realizado por Guttman y Kalish (1956), unas palomas fueron reforzadas con comida por picotear un disco iluminado con un color amarillo-naranja de una longitud de onda de 580 nanómetros (nm) como E+. Durante varios días fueron entrenadas las palomas con un programa de reforzamiento de IV 60 s. Después se realizó la fase de extinción o prueba de generalización. Se presentaron el E+ y 10 estímulos más con una longitud de onda inferior o superior al E+. El conjunto de los 11 estímulos fue presentado 12 veces. Los resultados aparecen en la figura 9.2. El gradiente de generalización muestra que las palomas respondieron en función del color de la tecla. Se puede observar que el número máximo de respuestas se obtuvo para el color del E+ 580 nm, entrenado previamente. La respuesta al E+ se generalizó a los estímulos más cercanos 570 y 590 nm. Las diferencias en el color del disco controlaron la frecuencia de la respuesta de tal forma que cuanto más se parecía el estímulo de prueba al E+, mayor fue el número de respuestas y cuanto menos se parecía el estímulo de prueba al E+, menor fue el número de respuestas.

Más recientemente se han encontrado gradientes de generalización similares cuando se han empleado imágenes de objetos en tres dimensiones mediante ordenador tanto en palomas como en humanos (Spetch y Friedman, 2003).

Uno de los aspectos más importantes del gradiente es su *pendiente* ya que revela el grado de generalización. Cuanto más pendiente sea el gradiente, menor será la generalización y viceversa. Un gradiente plano indica que hay mucha generalización.

Otro de los aspectos de los gradientes es la forma. Los gradientes excitatorios tienen forma de campana (∩) y los inhibitorios forma de U. Los gradientes excitatorios son los que se obtienen en el condicionamiento excitatorio y tienen su máximo nivel de respuesta ante el E+ y niveles progresivamente menores ante los estímulos de prueba que se alejan más de él. Los gradientes inhibitorios son los que se obtienen en el condicionamiento inhibitorio y tienen el mínimo número de respuestas ante el E– y progresivamente el número de respuestas es mayor conforme los estímulos de prueba se alejan de él.

La técnica para conseguir los gradientes de generalización inhibitorios consiste en entrenar a los sujetos con un E+ y con un E–, en la primera fase. Luego, en la prueba de

generalización se presenta el E+ junto con los estímulos similares al E–. Como los estímulos E–restan poder excitatorio a los E+, cuanto más se asemeje el estímulo de prueba al E–, más se reduce la excitación producida por el E+.

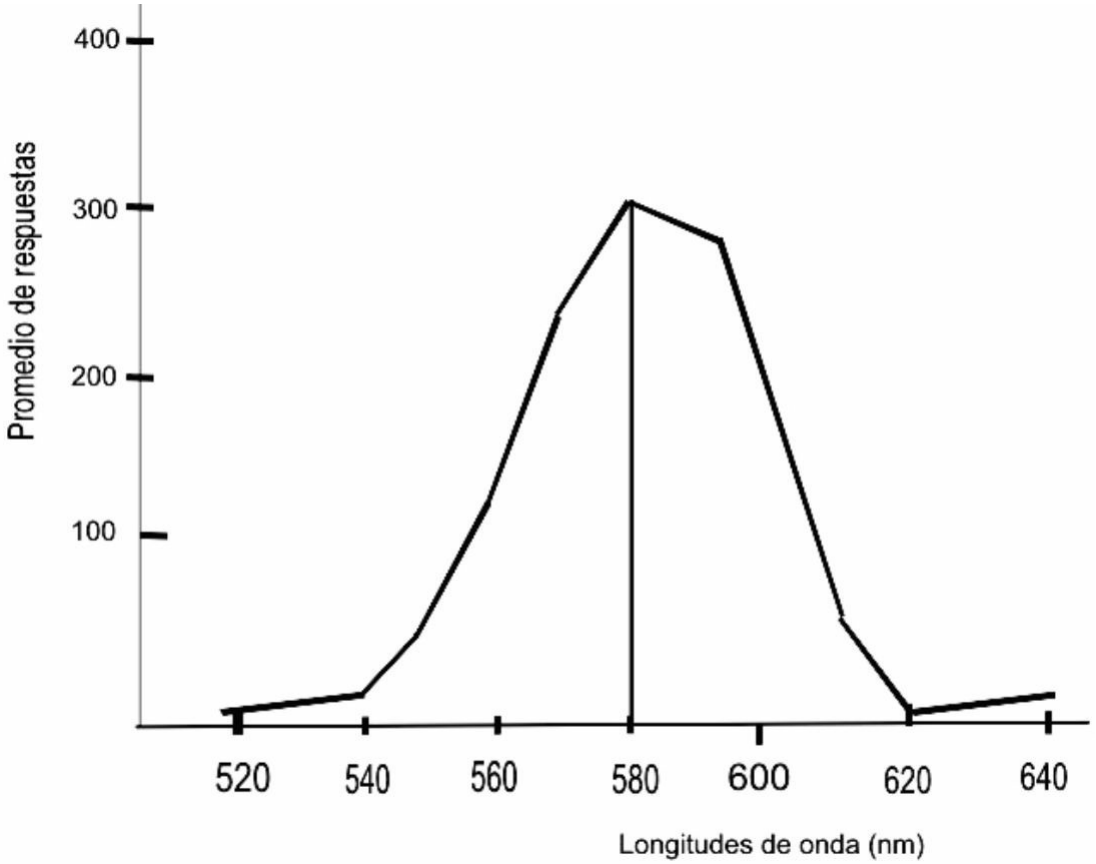


Figura 9.2. Gradiente de generalización excitatorio del estímulo. Promedio de las respuestas de picoteo de unas palomas a un disco iluminado con distintos colores (longitudes de onda) en la fase de generalización. Cuanta más similitud había entre el E+ y el estímulo de prueba, mayor fue el número de respuestas y viceversa (Según Guttman y Kalish, 1956).

Un estudio realizado por Honig, Boneau, Burstein y Pennipacker (1963) es un buen ejemplo de generalización inhibitoria. Se utilizaron dos grupos de palomas que fueron entrenadas a picotear un disco blanco con una raya negra vertical y un disco blanco. En uno de los grupos la respuesta era reforzada si picoteaban el disco blanco con la línea negra vertical (E+) y no era reforzada si picoteaban el disco blanco (E–). En un segundo grupo ocurría lo contrario: la respuesta era reforzada si picoteaban el disco blanco (E+) y no era reforzada si picoteaban el disco blanco con la línea vertical (E–). Como era de esperar, los dos grupos aprendieron a discriminar. En la prueba de generalización se les presentó a ambos grupos un disco blanco con una línea negra en distintos ángulos. Los resultados aparecen en la figura 9.3. Se puede observar que el primer grupo que fue reforzado por picotear el disco blanco con la línea vertical mostró un gradiente de

generalización excitatorio. Cuanto más se acercaba el estímulo de prueba a la línea vertical, mayor era el número de respuestas realizado. En cambio, el segundo grupo que en la primera fase no fue reforzado por picotear el disco blanco con la línea vertical, no picoteaba cuando la línea se acercaba a la vertical. Los datos indican que se produce un efecto inhibitorio en los estímulos que señalizan ausencia de refuerzo.

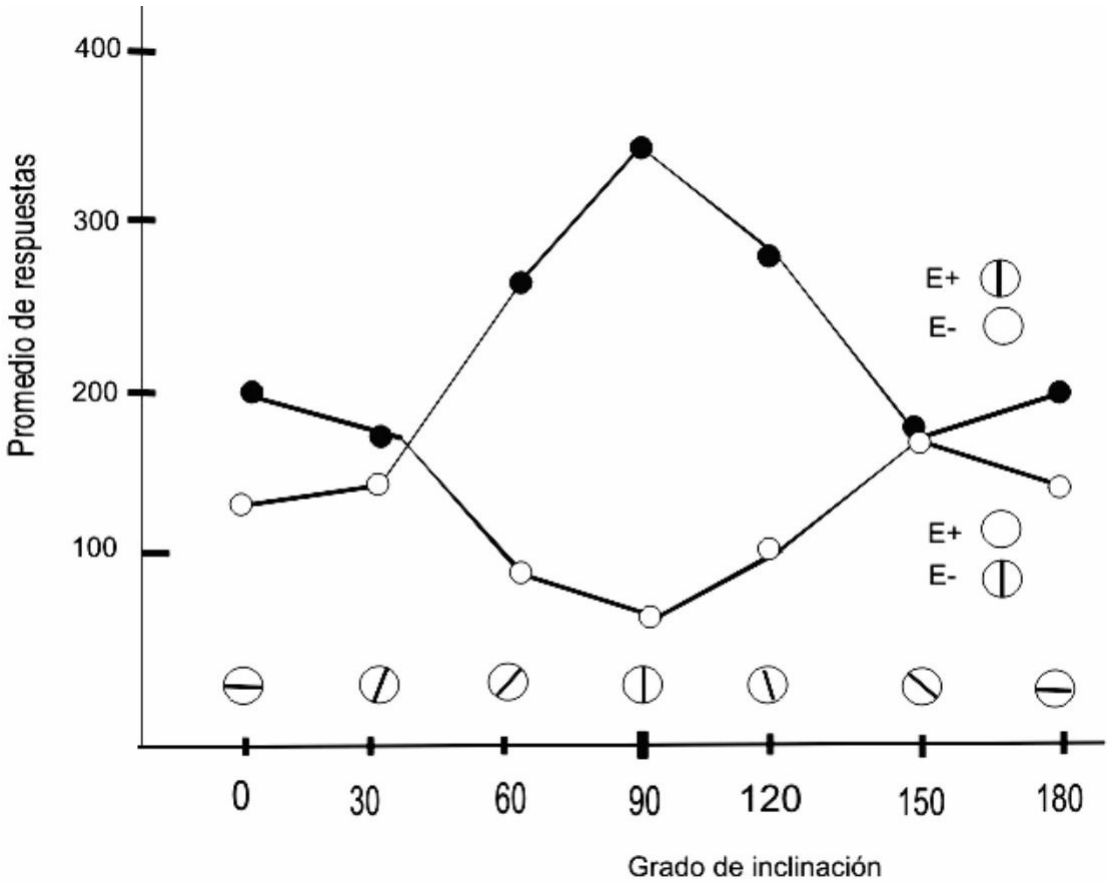


Figura 9.3. Gradientes de generalización excitatorio e inhibitorio. Un grupo de palomas fue reforzado por picotear un disco blanco con una línea negra vertical (E+) y no reforzado por picotear un disco blanco (E–). El otro grupo fue entrenado en lo contrario: se le reforzó por picotear el disco blanco (E+) y no se reforzó por picotear el disco blanco con la línea negra vertical (E–). En este segundo grupo el efecto inhibitorio fue máximo ante el disco con la raya vertical y disminuyó a medida que la raya fue más plana (Según Honig y cols. 1963).

9.2.1. Interacción excitatorio-inhibitorio: el desplazamiento del vértice

Cuando en la primera fase se realiza un entrenamiento en discriminación entre un E+ y un E– y luego se evalúa la generalización en la fase de extinción, se produce un efecto denominado desplazamiento del vértice. Éste se define como un alejamiento del vértice del gradiente excitatorio respecto al E+, en dirección opuesta a la del E–.

En un experimento seminal realizado por Hanson (1959), utilizando palomas como sujetos, se observó este efecto de desplazamiento del vértice o punto máximo del

gradiente. En la primera fase del experimento, los sujetos fueron reforzados con comida por picotear un disco coloreado con una longitud de onda de 550 nm (E+). A continuación, los sujetos fueron mantenidos durante 5 días con un programa de reforzamiento de IV 60. En la segunda fase, cuatro grupos de sujetos realizaron un entrenamiento de discriminación entre el disco iluminado con una luz de 550 nm (E+) y otros discos iluminados con colores de una longitud de onda de 555, 560, 570 o 590 nm (E–), según los grupos. El grupo control no recibió entrenamiento. En la tercera fase, los cinco grupos realizaron la prueba de generalización. Se presentaron 13 estímulos distintos que variaban en la coloración del disco (longitud de onda entre 480-600 nm).

Los resultados pueden verse en la figura 9.4. El grupo control obtuvo el máximo de respuestas ante el E+ como era de esperar, ya que no realizó la fase de discriminación. Sin embargo, en los grupos de discriminación, el máximo de respuestas no se encontraba en el E+, sino que se hallaba desplazado del E+ en dirección contraria a la del E–. El grado de desplazamiento estaba en función de la diferencia entre los valores de la longitud de onda del E+ y del E–. Cuanto más cercanos estaban los valores del E+ y del E–, mayor era el desplazamiento (grupo E-555). Y viceversa, cuanto más lejanos estaban los valores del E+ y del E–, menor era el alejamiento del máximo (grupo E-590).

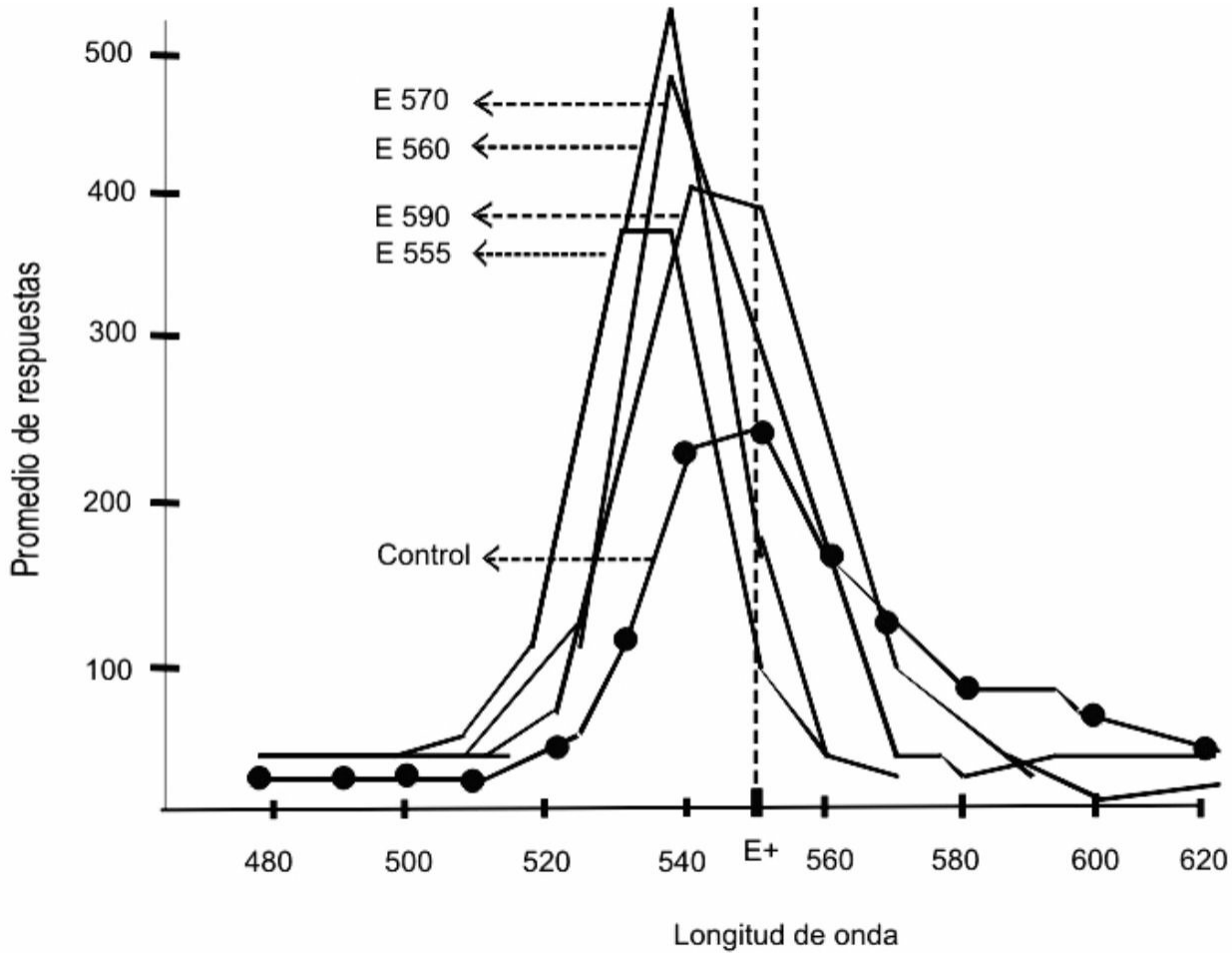


Figura 9.4. Desplazamiento del vértice. Promedio de respuestas en la prueba de generalización (con longitudes de

onda que variaban entre 480-620 nm). Los cuatro grupos experimentales (555, 560, 570 y 590 nm, como E–) mostraron gradientes de generalización más agudos y niveles de respuesta más altos que el grupo control (E+). A la vez, los grupos experimentales mostraron desplazamiento del vértice de sus gradientes, mientras que el grupo control no (Según Hanson, 1959).

Los gradientes excitatorios obtenidos en el experimento de Hanson son consistentes con la teoría de la discriminación de Spence (Spence, 1936). Según esta teoría, durante la discriminación el E+ recibe una fuerza excitatoria cuando es reforzado y esta fuerza se generaliza a otros estímulos similares. De la misma forma, el E– recibe una fuerza inhibitoria que se generaliza también a los estímulos similares. Los gradientes de generalización que se obtienen después de la discriminación se derivan de la interacción entre los gradientes excitatorio e inhibitorio. Cada estímulo generalizado produce tanto excitación generalizada como inhibición generalizada. La respuesta a un estímulo en la prueba de generalización supone la suma de las fuerzas excitatorias e inhibitorias del estímulo. Si midiéramos por separado el gradiente excitatorio y el gradiente inhibitorio y luego sumáramos ambas fuerzas, el gradiente resultante mostraría el efecto de desplazamiento del vértice. Es decir, hay una *trasposición* del punto máximo del gradiente excitatorio, lejos del nivel esperado del E+. Parece que los animales responden a la relación entre dos estímulos más que a sus propiedades absolutas.

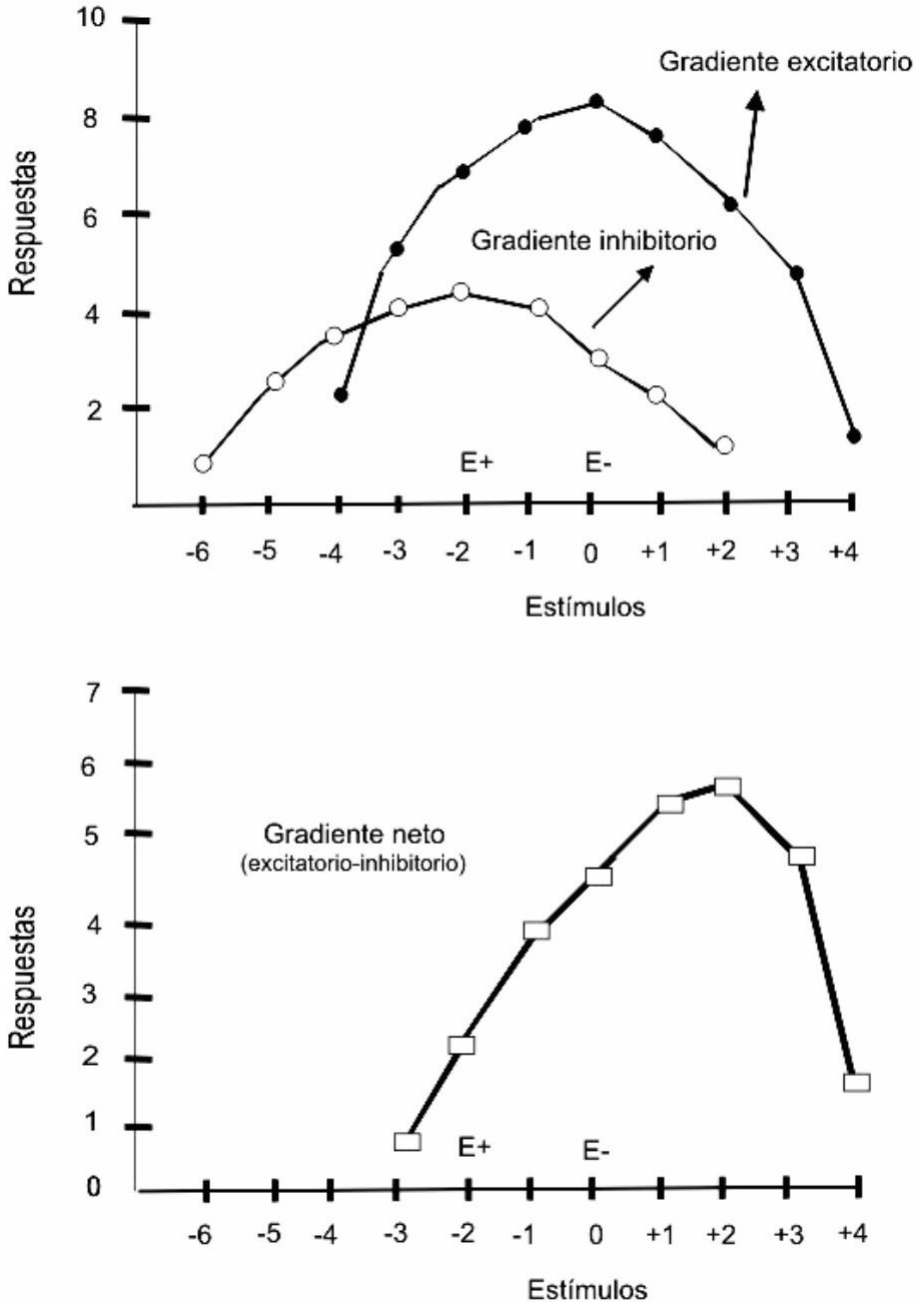


Figura 9.5. Hipotéticos gradientes de generalización excitatorio e inhibitorio. En la figura de abajo se muestra el gradiente neto, fruto de la suma de las fuerzas excitatorias e inhibitorias (Según Spence, 1936).

9.2.2. Teorías de la generalización

Se han realizado varias propuestas explicativas acerca de la generalización. Por una parte, se considera que la generalización es un proceso de aprendizaje activo del organismo que se desarrolla durante la adquisición, aunque es necesaria la fase de prueba para que se manifieste. Durante la adquisición el EC adquiere la capacidad de suscitar la respuesta, pero a la vez otros estímulos similares también la adquieren. Hull (1943) explicaba la

generalización del estímulo en el condicionamiento diciendo que la respuesta no se condicionaba a un solo valor del estímulo de entrenamiento, sino a una "región" de valores del estímulo. Así, durante la prueba de generalización los estímulos más parecidos al E+ producirán mayor número de respuestas porque comparten más valores con el E+. Por el contrario, los estímulos diferentes al E+ no producirán apenas respuestas porque no comparten valores con el E+.

Otra explicación teórica de la generalización es la propuesta por Lashley y Wade (1946). Esta explicación considera que la generalización en realidad no existe. El gradiente de generalización lo que refleja es la capacidad de discriminación del sujeto a lo largo de una dimensión de estímulos. Cuando el sujeto no es capaz de discriminar entre dos estímulos, entonces responde con una fuerza de respuesta similar a la obtenida ante el E+, pero si es capaz de discriminar entre los estímulos, es decir, atender a la dimensión, entonces la frecuencia de la respuesta disminuirá y aparecerá un gradiente de generalización inclinado en función del grado de discriminación alcanzado. Así pues, la generalización se produce porque los sujetos tienen dificultades para diferenciar los estímulos. Cuanto más se parecen los estímulos de prueba al E+, más se confunden y por tanto, más se generaliza. Por el contrario, cuanto menos se parecen los estímulos de prueba al E+, mejor discriminan y menos se generaliza. La generalización sería, pues, un fallo de la discriminación.

En un experimento realizado por Bhought (1972) con palomas se trató de poner a prueba esta teoría de Lashley y Wade. En una primera fase las palomas fueron reforzadas por picotear un disco coloreado (E+) cuyos valores de longitud de onda variaban entre 480-630 nm. En la prueba de generalización se presentaron varios estímulos que se diferenciaban entre sí en solo 4 nm. Los resultados aparecen en la figura 9.6. Como se puede observar en la figura, los gradientes de generalización en la zona baja del espectro son bastante planos. En cambio, los gradientes de generalización en la zona alta del espectro no son planos. En principio, estos resultados parecen contradecir las predicciones de la hipótesis del fallo en la discriminación. ¿Por qué ocurre esto? Parece ser que en las regiones en las que las palomas son muy sensibles al color (zona alta del espectro) discriminan muy bien y por tanto no se produce la generalización esperada, y en las regiones que no discriminan bien (zona baja del espectro) sí se produce la generalización. En estos casos la generalización fue mayor porque las palomas no discriminaban entre los estímulos. Así pues, estos resultados apoyan la teoría de Lashley y Wade de que la generalización se produce por un fallo en la discriminación.

Blought (1975) propuso un modelo de generalización basado en el modelo de Rescorla y Wagner. Según este autor, los estímulos están representados mediante sus elementos. De esta forma, cuando se presenta un estímulo, se activa un conjunto de elementos representados. La presentación de un EC seguido de un EI hace que cada uno de los elementos del EC adquiera fuerza asociativa. La fuerza asociativa de cada uno de los elementos se suma, formando la fuerza asociativa total del estímulo (V_e). Cuando se presenta un estímulo generalizado semejante al EC, se condiciona también porque tiene elementos comunes con él. Los elementos comunes se ponderan más que los que no lo

son. La fuerza asociativa de un estímulo generalizado se representa en la siguiente ecuación:

$$V_e = \sum \gamma s_i \, v_i \qquad [9.1]$$

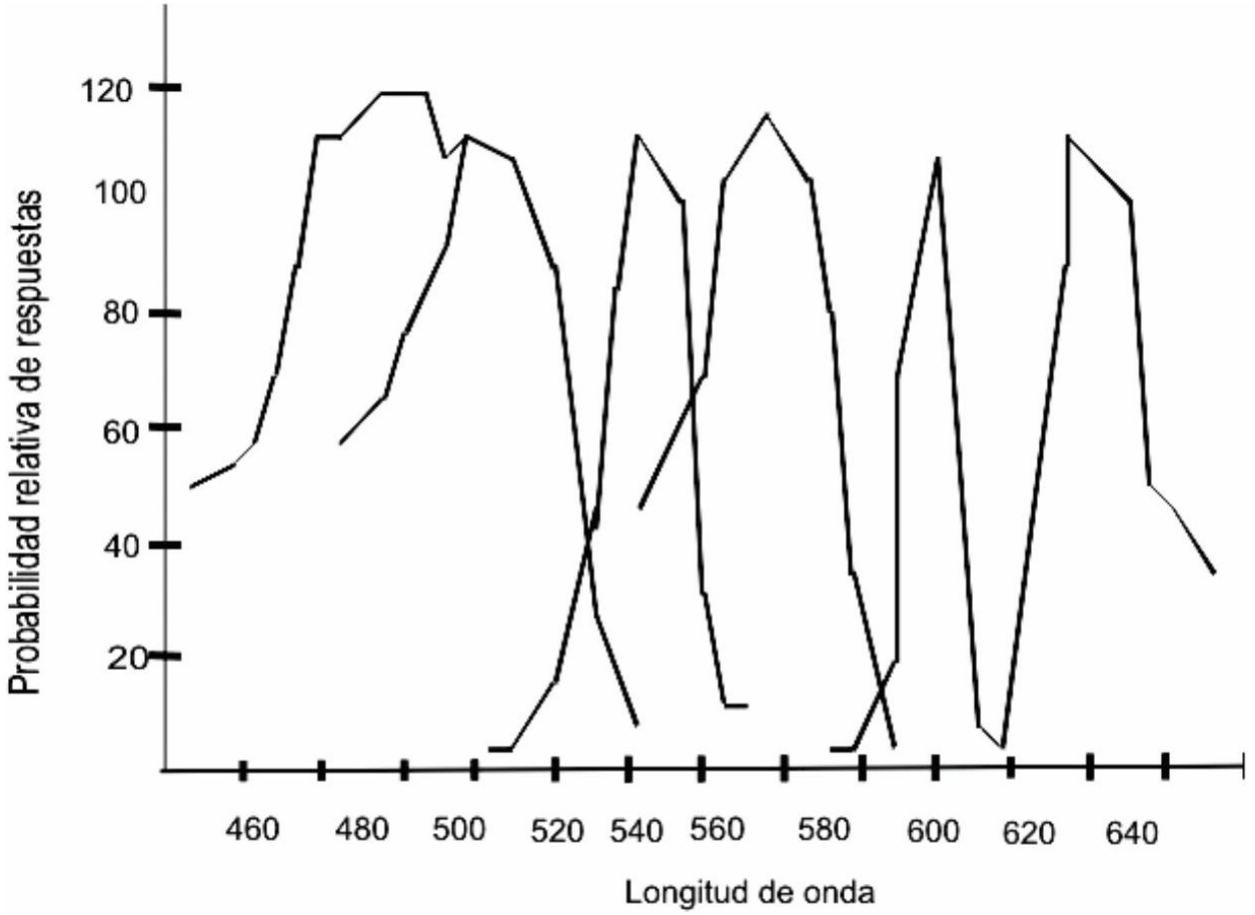


Figura 9.6. Gradientes de generalización en 6 posiciones a lo largo del espectro (Según Bhough, 1972).

Así, la fuerza asociativa de un estímulo generalizado (V_e) es igual al sumatorio de las fuerzas de los elementos del estímulo (v_i), ponderada por un factor de similitud de cada elemento (γs_i). El valor del factor de ponderación aumenta cuanto más parecido sea el estímulo generalizado al EC.

El modelo alega también que el aumento de la fuerza asociativa de un estímulo es igual al sumatorio del factor de ponderación por que representa la velocidad del aprendizaje debida al EI, multiplicado por la diferencia entre γ y V_s. El valor de γ es la máxima fuerza asociativa que puede otorgar el EI. V_s representa la fuerza asociativa acumulada hasta ese ensayo.

$$\Delta v_i = \sum \gamma s_i \beta (\gamma - V_s) \qquad [9.2]$$

Blought puso a prueba su modelo con datos arbitrarios en una simulación mediante ordenador y obtuvo resultados que predecían los datos reales de generalización.

Años más tarde, Pearce (1987) propuso un modelo de generalización basado en la memoria. Según el modelo, los animales tienen una representación del patrón de estimulación en un almacén breve de memoria. Cuando se presenta el EC se representan en ese almacén los elementos del estímulo más los elementos de los estímulos del contexto. Al presentarse el EI, todos los elementos del EC representados en la memoria adquieren fuerza asociativa. Cuando luego se presenta un estímulo generalizado, se suscita la respuesta en la medida que se activan los elementos comunes del EC que ya tienen fuerza asociativa conseguida en la fase de adquisición. Es decir, la generalización se produce cuando el estímulo generalizado activa los elementos del EC contenidos en la memoria. Cuantos más elementos comunes haya entre el estímulo generalizado y el EC, mayor será la fuerza de la respuesta.

9.2.3. Variables que afectan al gradiente de generalización

A) El entrenamiento previo en discriminación

Cuando se realiza un entrenamiento previo en discriminación diferencial entre estímulos y luego se hace la prueba de generalización, el gradiente de generalización es más inclinado, lo que indica que hay una menor generalización.

En un experimento realizado por Jenkins y Harrison (1960), se estudió el efecto de esta variable. Se utilizaron palomas como sujetos. Las palomas eran reforzadas por picotear un disco con luz blanca. Se manipuló la presencia de un tono de 1.000 Hz según los grupos. En la primera fase, 3 grupos de palomas recibieron entrenamientos distintos: los grupos 1 y 2 recibieron entrenamiento en discriminación diferencial y el grupo 3 no (grupo control). En el grupo 1, la respuesta era reforzada cuando el tono estaba presente (E+) y no reforzada cuando el tono estaba ausente (E–). El resultado de este entrenamiento fue que las palomas picoteaban el disco ante el E+ y no lo hacían ante el E–. En el grupo 2, la respuesta era reforzada ante un tono de 1.000 Hz (E+) y no reforzada ante un tono de 950 Hz (E–). El resultado de este entrenamiento fue que las palomas picoteaban el disco ante el E+ y no lo hacían ante el E–. En el grupo 3, un tono de 1.000 Hz estaba siempre presente durante la sesión y las palomas eran reforzadas cuando picoteaban el disco blanco.

En la prueba de generalización se presentaron varios tonos de otras frecuencias a los tres grupos. Los resultados aparecen en la figura 9.7. Como se puede ver, la pendiente del gradiente depende del entrenamiento previo en discriminación. En el grupo 1 hay un claro gradiente de generalización estimular. Las palomas habían sido previamente reforzadas por picotear ante el tono y no reforzadas ante la ausencia de tono. En el grupo 2, el gradiente de generalización fue muy inclinado. El mayor número de respuestas se produjo ante el E+ de 1.000 Hz y prácticamente nada ante el E– de 950

Hz. En el grupo 3, que no recibió entrenamiento en discriminación explícita, el gradiente de generalización fue plano, siendo el nivel de respuesta similar ante los distintos tonos. En este grupo no hay evidencia de que hubiera ningún control por parte del tono.

Los resultados de este experimento muestran que el control del estímulo está muy influido por el entrenamiento previo en discriminación. La forma del gradiente no parece estar controlada por los estímulos que están presentes mientras la respuesta es reforzada, sino por el aprendizaje de discriminación. Probablemente, las palomas aprendan que en la primera fase el tono es el mejor predictor del refuerzo y no respondan luego ante los estímulos de prueba.

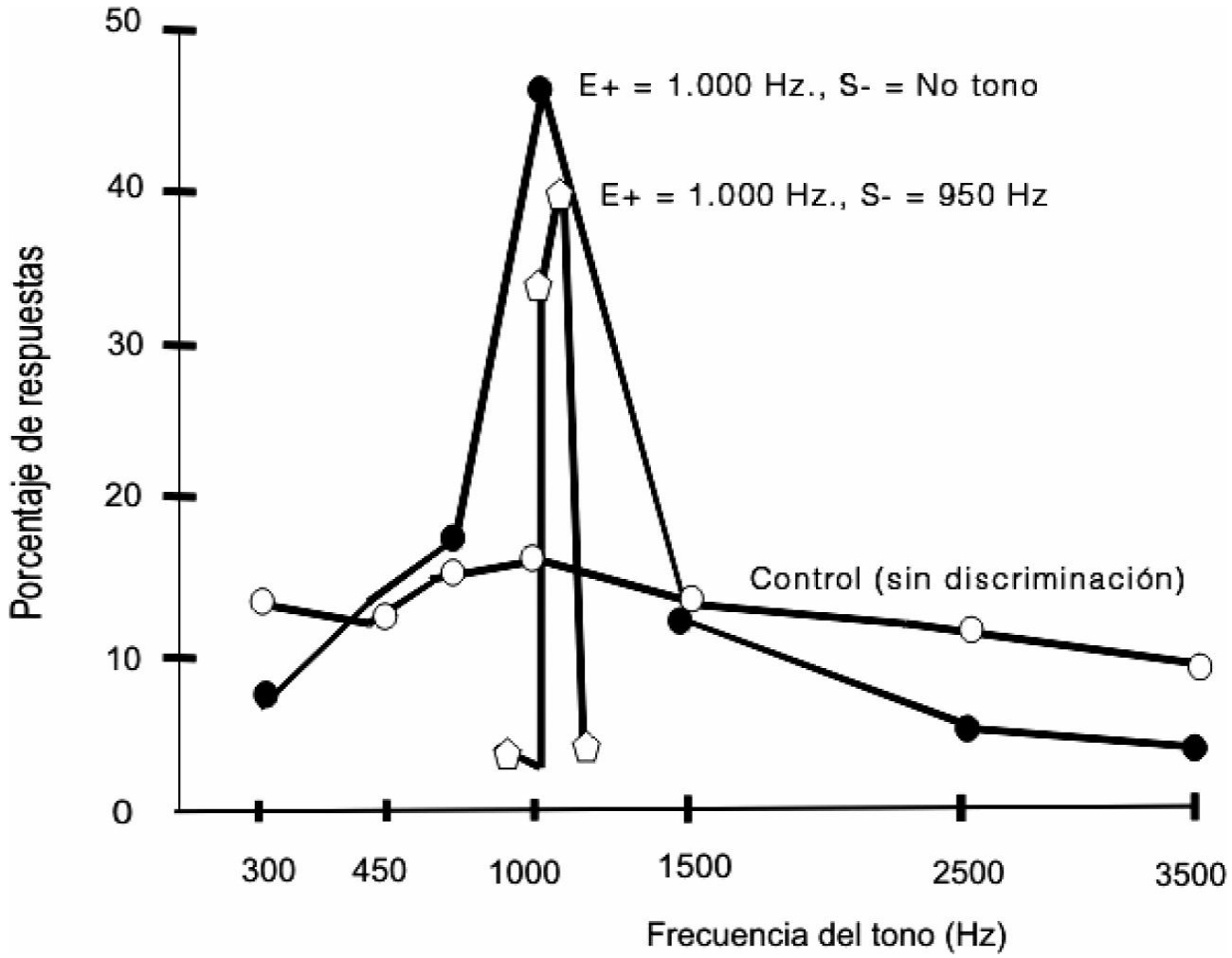


Figura 9.7. Gradiente de generalización del estímulo depende del entrenamiento anterior. Las palomas del grupo 2 que en la primera fase fueron entrenadas en discriminar entre un tono de 1.000 Hz (S+) y un tono de 950 Hz (S-), obtuvieron un gradiente de generalización más agudo en la fase de prueba que las palomas del grupo 1 que fueron entrenadas en discriminar entre un tono de 1.000 Hz (E+) y la ausencia de tono (S-). El tercer grupo, que no recibió entrenamiento en discriminación, obtuvo un gradiente plano, lo que muestra que no había control de ningún estímulo (Según Jenkins y Harrison, 1960).

El entrenamiento previo en discriminación no sólo afecta a la pendiente del gradiente produciendo una menor generalización, sino también, se origina el desplazamiento del vértice en dirección opuesta al E–, como se explicó antes.

B) El intervalo entre la fase de entrenamiento y la fase de prueba

Cuando se aumenta el intervalo entre las dos fases, la generalización es mayor (Thomas, Windell, Bakke, Kreye, Kimose y Aposhyan, 1985). Probablemente este efecto se debe a que el sujeto recuerda la respuesta a realizar, pero se ha olvidado de las características exactas del estímulo de entrenamiento y responde de forma similar ante estímulos diferentes.

C) El nivel de impulso

Cuanto mayor es el nivel de impulso, mayor es el nivel de actuación y la pendiente del gradiente es mayor. Sin embargo, cuando los niveles de impulso son muy altos, a veces se obtienen resultados contrarios.

D) La duración del entrenamiento previo en discriminación

La extensión del entrenamiento realizado con el E+ influye luego en la generalización. Cuanto más dure el entrenamiento, el gradiente será más inclinado y, por tanto, habrá menor generalización (Herst y Koresko, 1968).

9.3. Aprendizaje discriminativo

Ya se definió anteriormente la discriminación como un proceso instrumental en el que se refuerza la respuesta ante la presencia de un estímulo (E+) y no se refuerza en presencia de otro estímulo (E–). El animal va a aprender a responder sólo ante el E+ lo que indica que ciertas propiedades de este estímulo controlan la conducta.

En los estudios de discriminación se suelen utilizar palomas como sujetos experimentales, sobre todo porque tienen una gran agudeza visual y discriminan muy bien los colores. Tradicionalmente las tareas que más se han utilizado han sido la discriminación de colores. Sin embargo, la llegada de los ordenadores ha permitido utilizar tareas con imágenes muy variadas, más complejas y con rasgos más naturales. En la actualidad no sólo se presentan tareas de discriminación de colores como potenciales E+, sino también de imágenes de objetos, de personas, de paisajes, etc. Por ejemplo, en un experimento realizado por Herrnstein, Loveland y Cable (1976), unas palomas eran

introducidas en una caja de Skinner y se les presentaba en una pantalla una serie de 80 diapositivas distintas en cada sesión. Las diapositivas eran en color y representaban escenas muy variadas. Cada diapositiva se les presentaba durante 30 s. En la mitad de las diapositivas había una imagen de un árbol (E+) que señalizaba la presencia de comida. Si las palomas picoteaban un disco ante su presencia, recibían comida. La otra mitad de las diapositivas contenían escenas parecidas, pero sin árboles (E–). Las diapositivas que contenían árboles eran muy variadas y habían sido realizadas en las cuatro estaciones del año. Esto quiere decir que los árboles eran de distintos colores y formas. El árbol podía ocupar el primer plano o ser parte del paisaje de la escena. Las palomas realizaron muchas sesiones de entrenamiento en discriminación. El resultado fue que los animales aprendieron a discriminar las escenas con árboles de las escenas sin árboles. Además, cuando las palomas eran luego entrenadas con imágenes nuevas, respondían también ante las imágenes que contenían árboles. Es decir, generalizaban a otras escenas con árboles.

En esta misma investigación, Herrnstein y cols. (1976) entrenaron a las palomas en otras categorías. Así, un grupo de palomas aprendió a picotear un disco en presencia de imágenes con agua y a no responder ante imágenes sin agua. A su vez, otro grupo de palomas aprendió a responder ante la presencia de la imagen de una determinada mujer y a no responder ante escenas en las que esta mujer no aparecía y sí estaban presentes otras personas o animales. En estos casos, las palomas después eran capaces también de generalizar a escenas nuevas donde aparecía el E+ antes entrenado.

Estos resultados han hecho considerar a Herrnstein y cols. (1976) que las palomas son capaces de adquirir conceptos o establecer categorías. El tema de la categorización lo trataremos más adelante en este capítulo.

Como sabemos, la discriminación también ocurre en el condicionamiento clásico. En general se habla de discriminación siempre que el procedimiento lleva al organismo a responder de forma diferente en función del estímulo. Entonces se dice que la conducta está controlada por el estímulo.

9.3.1. Procedimientos de discriminación

Existen varios procedimientos de discriminación. Uno de ellos es la discriminación *simultánea* en el que se presentan el E+ y el E– al mismo tiempo. Por ejemplo, se presentan de forma simultánea dos discos iluminados, un disco verde (E+) que señaliza la disponibilidad del reforzador y un disco rojo (E–) que indica la ausencia de reforzador. Si la paloma es capaz de discriminar entre los dos discos, picoteará al disco verde para obtener comida.

En el procedimiento de *discriminación sucesiva*, el E+ y el E– se presentan de forma sucesiva. En un procedimiento de ensayos discretos, se alternan los ensayos en los que se presenta el E+ y ensayos en los que se presenta el E–. Por ejemplo, si se entrena a unas ratas a recorrer un corredor recto y obtienen comida en la caja meta cuando las

paredes son blancas y no la obtienen cuando son negras. En el procedimiento de operante libre unas veces aparece el E+ y otras el E–. Por ejemplo, en la caja de Skinner para palomas, unas veces aparece el disco verde (E+) que señaliza la presencia del reforzador y otras el disco rojo (E–) que señaliza ausencia de reforzador.

Un tercer procedimiento es la *discriminación entre programas de reforzamiento*. Hay una forma de discriminación simultánea entre programas en el caso de los *programas concurrentes*. Aquí el sujeto escoge entre dos alternativas de respuesta, cada una de ellas mantenida con un programa de reforzamiento. Por ejemplo, RF 5 y RV 5. También hay una forma de discriminación sucesiva entre programas de reforzamiento cuando se utiliza *un programa de reforzamiento múltiple*. Por ejemplo, si una paloma picotea un disco verde es reforzada con un programa de RF 5, pero cuando el disco se vuelve rojo, el picoteo se refuerza con otro programa distinto.

Un cuarto procedimiento es el de *discriminación condicional*, en el que la respuesta correcta depende del estímulo que se presente. Por ejemplo, cuando la luz es roja, se refuerza la respuesta ante la presencia de un triángulo y no se refuerza ante la presencia de un círculo. Pero cuando la luz es verde, ocurre lo contrario: se refuerza la respuesta ante el círculo y no se refuerza ante el triángulo. En estos ejemplos, la respuesta correcta está condicionada a que se presente la luz roja o la luz verde.

9.3.2. Teorías de la discriminación

A) Teoría de la comprobación de hipótesis

Esta teoría fue propuesta inicialmente por Lashley (1938). La teoría sostiene que cuando el sujeto tiene que elegir entre dos alternativas, donde una de ellas señaliza la disponibilidad del reforzador (E+) y la otra no (E–), lo que ocurre normalmente es que al inicio muestra preferencia por una de las dos alternativas a pesar de que ello le lleve a no recibir el reforzador en muchas ocasiones. Si la preferencia elegida es la señalizada con el E–, progresivamente dejará de responder y elegirá la otra alternativa (E+). Al principio del entrenamiento en discriminación el sujeto elige por igual las dos alternativas, pero poco a poco el sujeto irá mostrando preferencia sólo por aquella alternativa que le señaliza la disponibilidad del reforzador y rechazará la alternativa ineficaz.

La *teoría de la comprobación de hipótesis* sostiene que los sujetos afrontan la situación como un problema a resolver y van poniendo a prueba las hipótesis de una en una, de forma sucesiva, hasta que dan con la hipótesis correcta. Por ejemplo, si la paloma elige en primer lugar picotear el disco rojo (E–), esta elección guía sus siguientes respuestas. Si esta hipótesis resulta inadecuada, se pone a prueba la siguiente hipótesis. La paloma elegirá la otra alternativa y picoteará el disco verde (E+). En los primeros ensayos la paloma parece tantear y no discrimina entre los dos estímulos. Sin embargo, a la larga la paloma aprenderá a discriminar de tal forma que responderá constantemente ante el E+ y dejará de responder ante el E–. Es decir, el aprendizaje se hace de forma

gradual. Cuando el sujeto acierta con la hipótesis correcta, los estímulos de la dimensión se asocian con el reforzamiento. Esta teoría fue inicialmente propuesta por Lashley (1938).

Hay algunos resultados experimentales que no ha sido capaz de explicar esta teoría. Por ello se ha ido abandonando en favor de otras teorías con más poder explicativo (véase Sutherland y Mackintosh, 1971). En todo caso, ha sido un buen punto de partida en el estudio del aprendizaje discriminativo.

B) Teoría de Spence

La teoría de la continuidad propuesta por Spence (1936) considera que la discriminación es producto de la interacción del condicionamiento inhibitorio y excitatorio. Esta teoría es capaz de explicar una serie de fenómenos de una forma muy elegante.

Cuando se presenta una discriminación entre dos estímulos de la misma dimensión, el E+ se convierte en excitador condicionado produciendo acercamiento y el E– en inhibidor condicionado produciendo alejamiento. Esta excitación e inhibición condicionadas se generalizan a lo largo de la dimensión de discriminación. Por tanto, la tendencia excitatoria a acercarse también la provocará el E– pero en menor grado, y la tendencia inhibitoria a alejarse también la provocará el E+, pero en menor grado. La excitación e inhibición condicionadas se van acumulando progresivamente en cada ensayo de entrenamiento según su resultado. De esta forma, la respuesta resultante estará determinada por la interacción de la generalización excitatoria e inhibitoria. La probabilidad de que ocurra la respuesta está determinada por la fuerza asociativa neta producida por la suma algebraica de ambas fuerzas excitatoria e inhibitoria.

En la figura 9.8 se muestran estos dos supuestos gradientes excitatorio e inhibitorio. Los estímulos que se representan en el eje vertical forman parte de la misma dimensión: E+ (brillante), E– (oscuro) y E' (más brillante). La curva grande de línea continua representa el gradiente de generalización excitatorio que se desarrolla en torno al E+ y la curva pequeña y de línea discontinua representa el gradiente de generalización inhibitorio que se desarrolla en torno al E–. La fuerza de aproximación a cualquier estímulo estará determinada por la fuerza de estos dos gradientes. Como la diferencia es mayor para E+ que para E–, la teoría predice que la prueba de discriminación tendrá preferencia por el E+. Ahora bien, si nos fijamos en el E' situado a la izquierda del E+, vemos que la excitación neta después de restar la inhibición no es el E+, sino el E' situado a la izquierda del E–. La diferencia entre los gradientes será mayor para el E' que para el E+.

Uno de los fenómenos que explica esta teoría es el desplazamiento del vértice en el gradiente de generalización excitatorio. Cuando se realiza un entrenamiento de reforzamiento diferencial de dos estímulos de la misma dimensión y relativamente próximos, luego se produce un desplazamiento del vértice en la prueba de generalización.

Sin embargo, hay resultados experimentales que esta teoría no puede superar. En

un experimento realizado con chimpancés (González, Gentry y Bitterman, 1954) se entrenó a los animales en una discriminación con 3 estímulos que variaban de tamaño, siendo el estímulo intermedio el que señalaba el reforzador (E+). En la siguiente fase se presentaron 3 estímulos nuevos que variaban de tamaño y su rango estaba fuera de los estímulos originales. El resultado fue que los sujetos preferían el estímulo intermedio. Es decir, la discriminación se realizó en base a la relación. Según la teoría de Spence, en este caso los estímulos que estaban cerca del E+ deberían de haber sido preferidos porque el E+ es el que más generaliza la excitación. Sin embargo sus predicciones no se cumplieron.

Otro problema de la teoría de Spence se encuentra en el *efecto de discriminación del rasgo positivo*. En un experimento realizado con ratas (Wagner, 1969), se entrenó a los animales a presionar una palanca para recibir comida en presencia de un estímulo compuesto (tono + luz) durante 2 min. Cuando estaba presente sólo el tono, los animales no fueron reforzados. Los resultados mostraron que el mayor número de respuestas se dieron ante el compuesto tono + luz, como era de esperar. No hubo diferencias en el número de respuestas dadas ante el tono solo y en el intervalo entre ensayos que no se recibieron refuerzo. Según la teoría de Spence, la luz debería de adquirir rápidamente fuerza positiva porque era reforzada cada vez que se presentaba. El tono, como era reforzado en la mitad de los ensayos que ocurría, también debería de adquirir fuerza excitatoria, aunque menos que la luz. El tono debería producir una respuesta relativamente fuerte cuando se presentara. Sin embargo, los resultados son distintos a las predicciones de la teoría. Las ratas discriminaban con claridad.

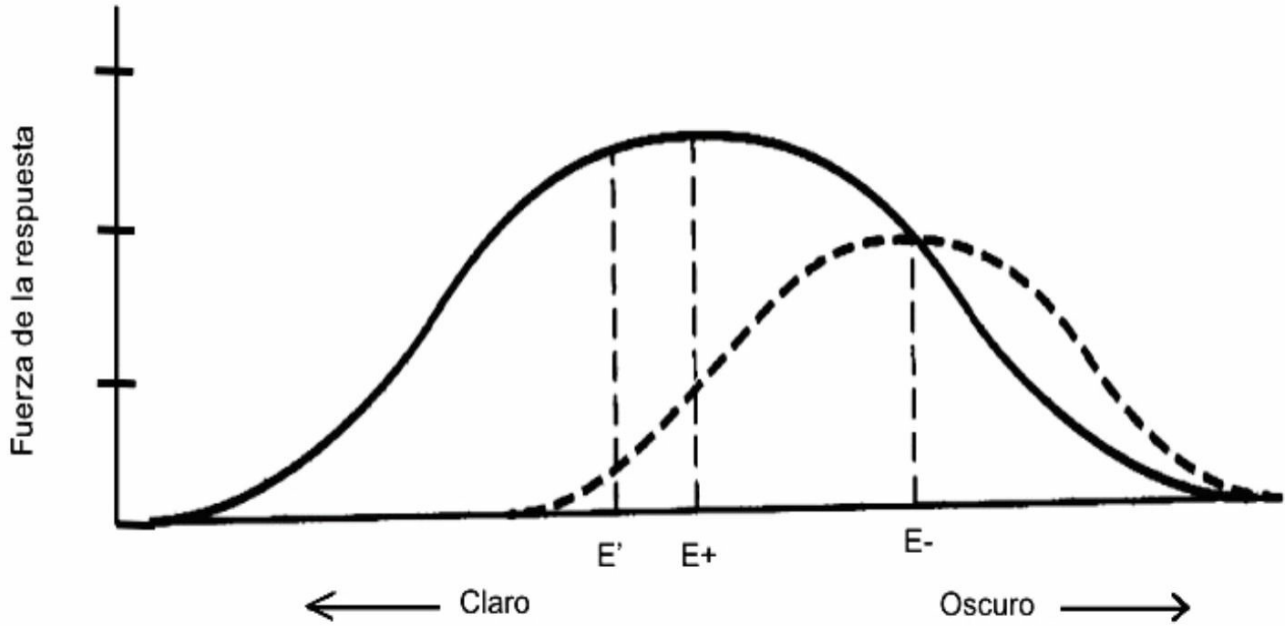


Figura 9.8. Gradientes de generalización excitatorio (línea continua) e inhibitorio (línea discontinua) teóricos que se forman durante una discriminación, según la teoría de Spence. Los estímulos se sitúan en una dimensión de luminosidad: E+ (brillante) E- (oscuro) E' (más brillante).

C) La teoría de Rescorla y Wagner

La teoría de Rescorla y Wagner (1972), formulada para explicar los mecanismos del condicionamiento clásico, puede ser utilizada para entender el funcionamiento del aprendizaje discriminativo. Recordemos que esta teoría considera que en el condicionamiento se adquieren tendencias excitatorias e inhibitorias de forma gradual a lo largo de los ensayos. Además, la fuerza asociativa adquirida por un estímulo en un ensayo depende de los otros estímulos que estén presentes (véase en el capítulo 5 la ecuación de Rescorla y Wagner). Esta teoría puede explicar el efecto de la discriminación del rasgo. Retomemos los resultados del experimento de Wagner (1969). ¿Cómo explicaría la teoría de Rescorla y Wagner estos resultados? La teoría predice que los ensayos reforzados con el estímulo compuesto tono + luz adquirirán fuerza asociativa cada uno de los dos estímulos. Sin embargo, como el tono aparece la mitad de las veces sin reforzar, perderá fuerza asociativa en esos ensayos. Así pues, la luz irá adquiriendo cada vez más fuerza asociativa a lo largo de los ensayos y el tono cada vez menos. Además, cuando la luz llega a predecir totalmente el EI, el tono resulta redundante y dejará de adquirir fuerza asociativa debido al efecto de bloqueo ejercido por la luz. Al final del entrenamiento, el tono tendrá una fuerza asociativa mínima y las respuestas ante el tono también serán mínimas, mientras que el compuesto tono + luz tendrá una fuerza asociativa máxima y las respuestas ante el compuesto también serán máximas.

Como se indicó al hablar de la generalización, Blought hizo algunas modificaciones a la teoría de Rescorla y Wagner. Este autor considera que cada estímulo está compuesto por una serie de elementos o características y que éstas ganan y pierden fuerza asociativa según dice la fórmula de Rescorla y Wagner. Como los elementos de un estímulo pueden ser compartidos por otros estímulos, el modelo explicaba la generalización del estímulo.

D) Teoría atencional de la discriminación

Esta teoría fue propuesta por Sutherland y Mackintosh (1971) y está basada en el papel que juega la atención en la discriminación. La discriminación constaría de dos procesos bien diferenciados. En primer lugar, intervendría el *analizador de atención* y, en segundo lugar, la *adquisición de la respuesta* (véase un ejemplo en el diagrama de la figura 9.9).

Cuando se presenta un estímulo, el cerebro dispone de unos analizadores que procesan esa información sensorial. Cada una de las características del estímulo se representa por un analizador distinto. Por ejemplo, si el estímulo que se presenta se caracteriza por su tamaño, brillo y orientación, al inicio del entrenamiento cada dimensión se relaciona con un analizador que tiene una fuerza determinada. Si un estímulo tiene una característica más relevante, el sujeto prestará más atención a esa característica. Ésta sería la razón por la que los estímulos más fuertes suscitan más atención y se condicionan antes que los débiles. Si el sujeto presta atención a una característica del

estímulo y es reforzada tras la respuesta, el analizador aumenta su fuerza. Por ejemplo, si el tamaño se relacionase con el reforzador, pero no las otras dos características del estímulo, aumentaría la fuerza del analizador del tamaño y disminuiría la del brillo y de la orientación.

El segundo proceso es la *adquisición de la respuesta*. Se desarrolla una relación entre la respuesta específica y un analizador. Por ejemplo, elegir el estímulo grande en vez del pequeño.

Waller (1973) obtuvo resultados que apoyan la teoría de la atención. En este experimento, dos grupos de ratas recorrieron un corredor recto y fueron recompensados con comida en la caja meta en todos los ensayos. Otros dos grupos de ratas fueron recompensados sólo en el 50% de los ensayos. Uno de los grupos de cada condición recorría el corredor pintado de gris y la otra mitad recorría el corredor cubierto con rayas verticales blancas y negras. Así pues, los 4 grupos tenían las siguientes características: grupo 1: 100% reforzador-gris; grupo 2: 50% reforzador-gris; grupo 3: 100% reforzador-rayas; grupo 4: 50% reforzador-rayas. En la fase de prueba las ratas fueron entrenadas a elegir entre dos cajas meta para obtener la comida. Una de las cajas meta contenía rayas inclinadas 45º a la derecha y la otra 45º a la izquierda.

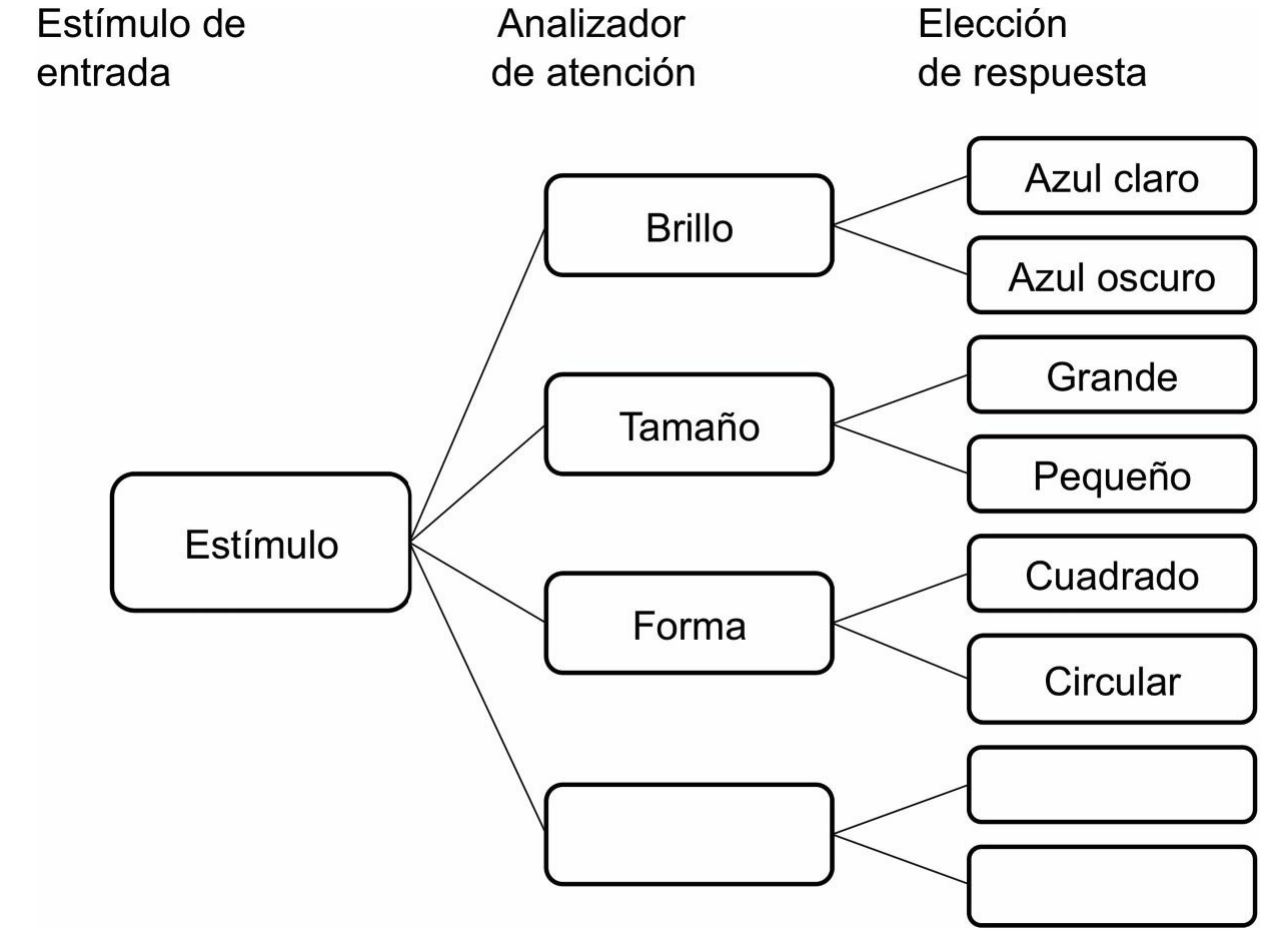


Figura 9.9. Diagrama que representa los procesos atencionales que intervienen en la discriminación. En el ejemplo, el estímulo se define mediante tres dimensiones: brillo, tamaño y forma. La discriminación constaría de

dos procesos: en primer lugar, intervendría el analizador de atención y, en segundo lugar, la adquisición de la respuesta.

La teoría de la atención predice que los dos grupos entrenados en el corredor gris deberían aprender igual en la prueba de discriminación porque no fueron expuestos a las rayas. En segundo lugar, los dos grupos entrenados en el corredor con rayas deberían aprender de forma distinta en la prueba de discriminación, porque uno era recompensado en la primera fase el 100% de las veces y el otro sólo el 50%. El grupo recompensado el 100% de los ensayos aprenderá antes que el grupo recompensado el 50% de los ensayos.

Los resultados aparecen en la figura 9.10. Se puede apreciar que los grupos 1 y 2 entrenados en el corredor gris no mostraron diferencias significativas en la consecución del criterio de discriminación. En cambio, en los grupos 3 y 4 entrenados con las rayas sí hubo diferencias en conseguir el criterio de discriminación. El grupo 50%-rayas tardó más tiempo en llegar al criterio que el grupo 100%-rayas porque no habían desarrollado una atención suficiente a la orientación de la línea. En cambio, el grupo 100%-rayas aprendieron mejor porque habían desarrollado un analizador fuerte para la orientación de la línea en la primera fase. Así pues, estos resultados apoyan la teoría de la atención en el aprendizaje de discriminación.

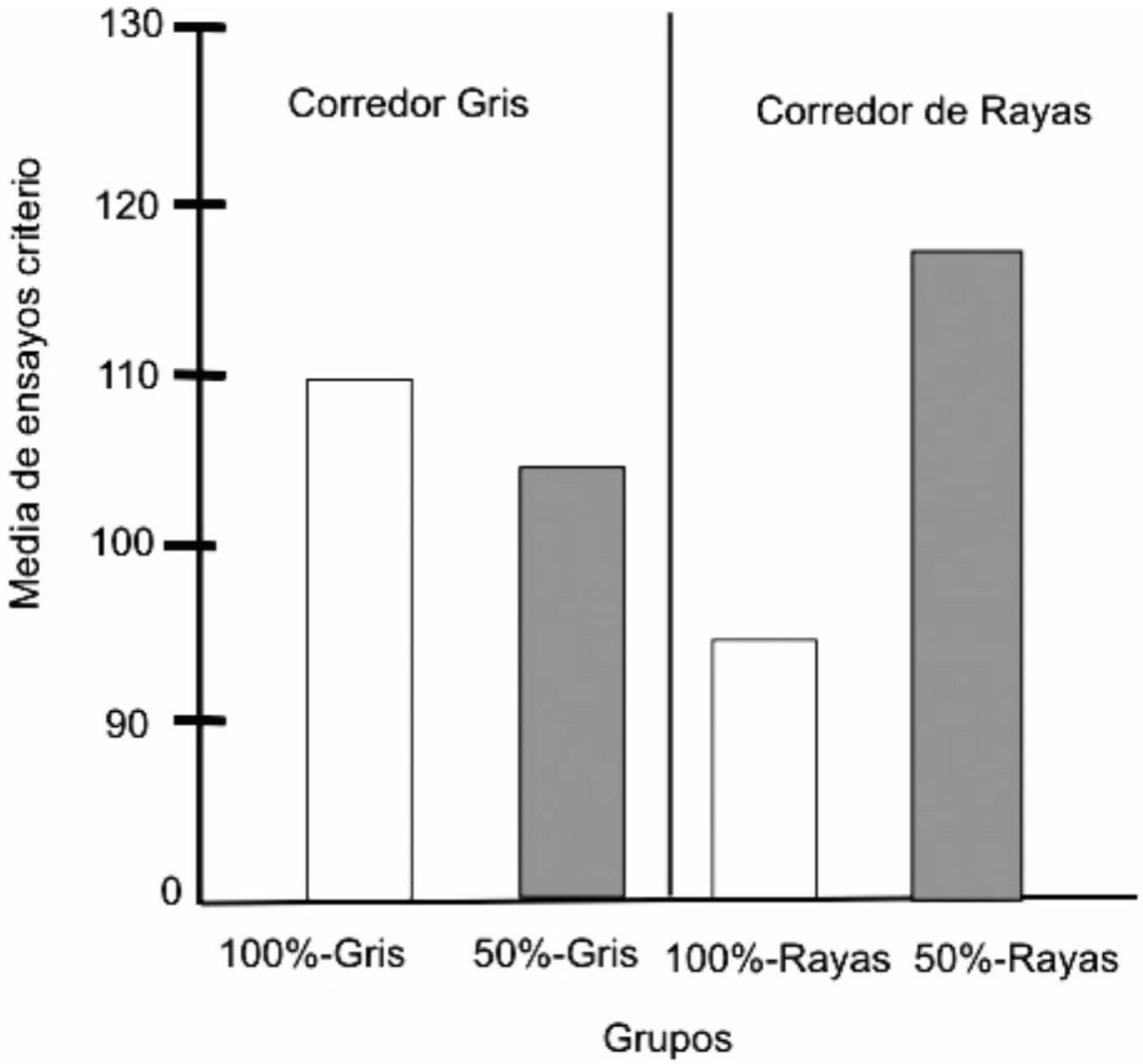


Figura 9.10. En la fase 1 dos grupos de ratas fueron reforzadas el 100% de las veces por llegar a la caja meta en un corredor recto. Uno de los grupos recorría un corredor gris y el otro un corredor con rayas. Los otros dos grupos fueron reforzados el 50% de los ensayos. Uno de estos grupos recorría un corredor gris y el otro un corredor con rayas. En la fase 2, las ratas tenían que elegir entre dos cajas meta para conseguir comida. Una caja meta estaba pintada con líneas inclinadas 45º a la derecha y la otra con rayas blancas inclinadas 45º a la izquierda. Los resultados se muestran en la figura (Según Waller, 1973).

E) Teoría configuracional

La teoría de Rescorla y Wagner (1972) asumía que cuando se presenta un estímulo compuesto seguido de un EI, se condiciona cada uno de los elementos del compuesto por separado. También se encuentra este supuesto en la teoría de Spence. Frente a estas teorías, Pearce (1987) propone una *teoría configuracional* para explicar la discriminación. Esta teoría supone que cuando se presenta un estímulo compuesto durante el condicionamiento o en una discriminación, se establece una asociación entre la configuración de todos los estímulos y el EI en cada ensayo y no una asociación entre

cada elemento del compuesto y el EI. Se supone también que la asociación se va desarrollando de forma gradual a lo largo de los ensayos y la RC es el resultado neto de esa asociación. Así, cuando cambia el patrón de estimulación, cambiará también la RC. Otro de los supuestos de la teoría es que habrá generalización entre configuraciones.

Veamos la aplicación de la teoría al aprendizaje discriminativo. Presentemos un estímulo compuesto AB seguido del reforzador (AB+) y el estímulo B sin el reforzador (B-). La primera vez que se presenta el estímulo AB+ se produce una asociación entre la configuración AB y el reforzador. Cuando en el ensayo siguiente se presente el estímulo B, se producirá cierta generalización de AB y se suscitará la respuesta. Como B señaliza ausencia de reforzador, generará una asociación inhibitoria y contrarrestará la excitación suscitada desde AB. La discriminación se conseguirá cuando la excitación producida por AB sea suficiente para suscitar una respuesta normal, y la inhibición producida por B sea suficiente para contrarrestar la excitación que le viene de AB.

Como se puede apreciar, el funcionamiento de la teoría es bastante similar a la teoría de Spence sobre la discriminación, con algunas modificaciones. En la figura 9.11 se puede ver una representación de cómo funcionaría.

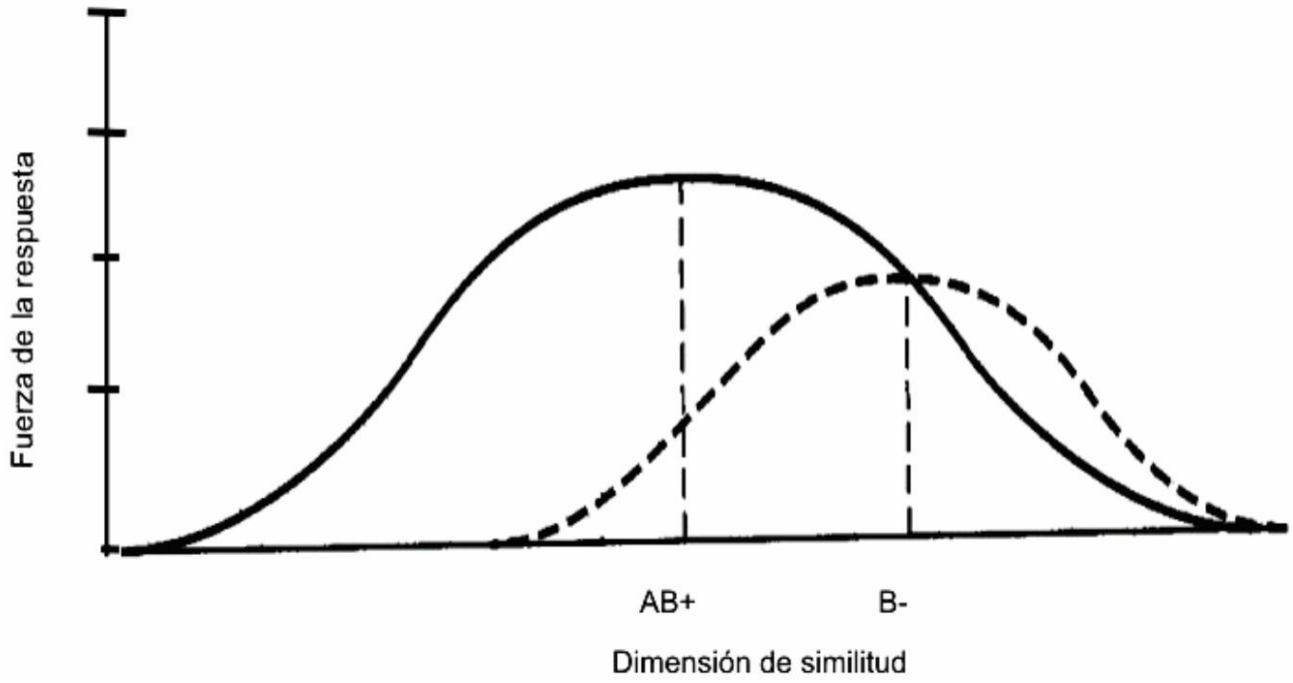


Figura 9.11. Explicación configuracional a la solución de una discriminación AB+ B- a partir de la teoría de la discriminación de Spence.

En el eje horizontal se representan dos estímulos de la misma dimensión, AB+ y B-. Una discriminación AB+ B- producirá un gradiente de generalización excitatorio en torno a AB+ (línea continua) y un gradiente de generalización inhibitorio en torno a B- (línea discontinua). La diferencia entre estos dos gradientes determina la fuerza de la

respuesta final. Por eso, la RC suscitada por el compuesto AB será excitatoria.

La teoría de la configuracional puede explicar la mayoría de los resultados sobre discriminación. No obstante, otros teóricos mantienen la idea de que las asociaciones elementales son las que resuelven las discriminaciones (McLaren, Kaye y Mackintosh, 1989).

9.4. La categorización

Ya se describió anteriormente cómo las palomas eran capaces de discriminar entre imágenes que contenían árboles de las que no tenían (Herrnstein y cols. 1976). Desde esos primeros trabajos se ha comprobado que las palomas tienen gran capacidad para resolver problemas de categorización (véase Herrnstein, 1990). Se han estudiado una gran variedad de categorías. Se ha comprobado que las palomas son capaces de discriminar entre objetos, entre animales y objetos inanimados, entre letras del alfabeto, entre dos melodías, entre pinturas de Monet y de Picasso o Van Gogh y Chagall. Incluso se han realizado estudios que han sido capaces de aprender hasta 4 categorías al mismo tiempo (véase Fagot, 2001). Cuando después de aprender la discriminación se le presentan nuevas imágenes de la categoría aprendida, las palomas responden bien, aunque peor que con las imágenes que habían sido entrenadas. Esta capacidad para responder a los nuevos estímulos es un aspecto importante de la categorización porque indica que las palomas tienen una gran memoria para las imágenes específicas. Estudios recientes señalan que las palomas tienen capacidad para recordar hasta 800 diapositivas diferentes (Cook, Levison, Gillett y Blaisdell, 2005).

En un experimento realizado por Cerella (1979), se entrenó a unas palomas para que aprendieran a discriminar una silueta de una hoja de roble. En cada sesión se presentaban 80 diapositivas, 40 de las cuales correspondían a siluetas de hojas de roble y la otra mitad a otros tipos de hojas. Las imágenes de siluetas de hoja de roble eran reforzadas (E+) y las otras siluetas de hojas no eran reforzadas (E–). Las palomas necesitaron sólo 24 sesiones de entrenamiento para aprender la discriminación. Después se cambiaron las 40 diapositivas de siluetas de hojas de roble por otras siluetas de hojas de roble nuevas y el resultado fue que la discriminación se mantuvo.

Pero este aprendizaje de discriminación tiene sus límites. En un trabajo posterior realizado por Cerella (1980) se entrenó a unas palomas a que discriminaran una hoja de roble entre 40 hojas de roble más. La mitad de los animales tuvieron mucha dificultad en aprenderlo y la otra mitad fue incapaz de hacerlo.

También se han estudiado los problemas de categorización con muchas otras especies animales y los resultados han sido similares.

9.4.1. Teorías de la categorización

A) Teoría del rasgo

Esta teoría considera que los animales cuando se enfrentan a un problema de categorización se fijan en los componentes del estímulo y asignan la pertenencia a una categoría basados en algún rasgo que es determinante (Lea, 1984). Uno de los resultados experimentales que apoya la teoría de la categorización por rasgos lo encontramos en un trabajo de Cerella (1980). Este autor realizó un experimento con palomas. En una primera fase entrenó a los animales a picotear un disco para obtener comida ante la presencia de dibujos del personaje de Charlie Brown (E+), pero no ante la presencia de otros personajes de dibujos (E–). Una vez que las palomas habían aprendido a discriminar, realizaron la prueba de generalización. Se presentaron imágenes del muñeco de Charlie Brown desorganizadas pero con todas las características. Se presentaban imágenes del muñeco boca abajo, de medio cuerpo lateral, del tronco al revés, de combinaciones distintas de cabeza-cuerpo-extremidades, etc. y los animales se comportaron ante ellas como si fueran imágenes normales. ¿Por qué sucedía esto? Según la teoría del rasgo porque las imágenes contenían los rasgos definitorios de los estímulos con que habían sido entrenados.

En un experimento realizado con monos (D'Amato y Van Sant, 1998), se entrenó a los animales a discriminar entre diapositivas que contenían imágenes de humanos y diapositivas sin imágenes de humanos. Después de aprender esta discriminación, realizaron la prueba de generalización. Se presentaron distintas imágenes que contenían alguno de los rasgos de las imágenes de humanos. También aparecían otras imágenes con objetos como media sandía, animales con sangre, etc. El resultado fue que algunas de estas imágenes fueron catalogadas como pertenecientes a humanos. Los autores explican este hecho porque las marcas rojas que aparecen en estas fotografías probablemente sean uno de los rasgos que identifican a los humanos porque muchas caras aparecen rojas en las fotografías.

La siguiente pregunta a responder es cómo adquieren los rasgos definitorios los sujetos. Para abordar esta cuestión vamos a tener en cuenta la teoría de Rescorla y Wagner. Esta teoría asume que la fuerza de la RC suscitada ante un estímulo compuesto, está determinada por las fuerzas asociativas de cada uno de los elementos del compuesto. Tomemos como ejemplo el experimento de Cerella (1980) para explicar el funcionamiento de la categorización. Las imágenes que se presentaban a las palomas contenían características muy distintas. Ahora bien, siempre que picoteaban la tecla ante la presencia de la imagen del muñeco de Charlie Brown recibían la comida y cuando no aparecía el muñeco no eran reforzadas. Sólo algunas de las características que contenían las imágenes reforzadas iban adquiriendo fuerza asociativa. Otras características de las imágenes reforzadas eran comunes a las imágenes no reforzadas, por lo que unas veces eran reforzadas y otras no. Es de suponer que estas características adquirían poca fuerza asociativa. Las palomas cuando se enfrentan a este problema de categorización lo que hacen es discriminar aquellos rasgos que son reforzados de otros muchos que no lo son. Los rasgos reforzados ganarán fuerza asociativa en cada ensayo y los no reforzados no.

Una vez que el sujeto ha aprendido a discriminar estos rasgos positivos, cualquier otro objeto que contenga esos rasgos definitorios va a ser clasificado como perteneciente a una categoría. Por eso, cuando luego se presentan fotografías nuevas que contienen los rasgos definitorios, se clasifican con facilidad de forma correcta. Así pues, la teoría del rasgo o de las características es una teoría elementalista.

Con mucha frecuencia las imágenes que se presentan son complejas y las características definitorias poco precisas. En un experimento realizado por Huber y Lenz (1993) trataron de controlar este problema presentando imágenes artificiales de caras y definiendo de antemano cuáles eran las características que tenían que utilizar los sujetos para aprender la discriminación. En la figura 9.12 se muestran tres imágenes de las caras utilizadas. Las imágenes variaban en 4 dimensiones: área de la frente, área por debajo de la boca, longitud de la nariz y distancia entre los ojos. A cada una de las imágenes se les asignó un valor para representar cada dimensión. A la imagen de la izquierda se le asignó un valor de -1, a la del centro un valor de 0 y a la de la derecha un valor de +1.

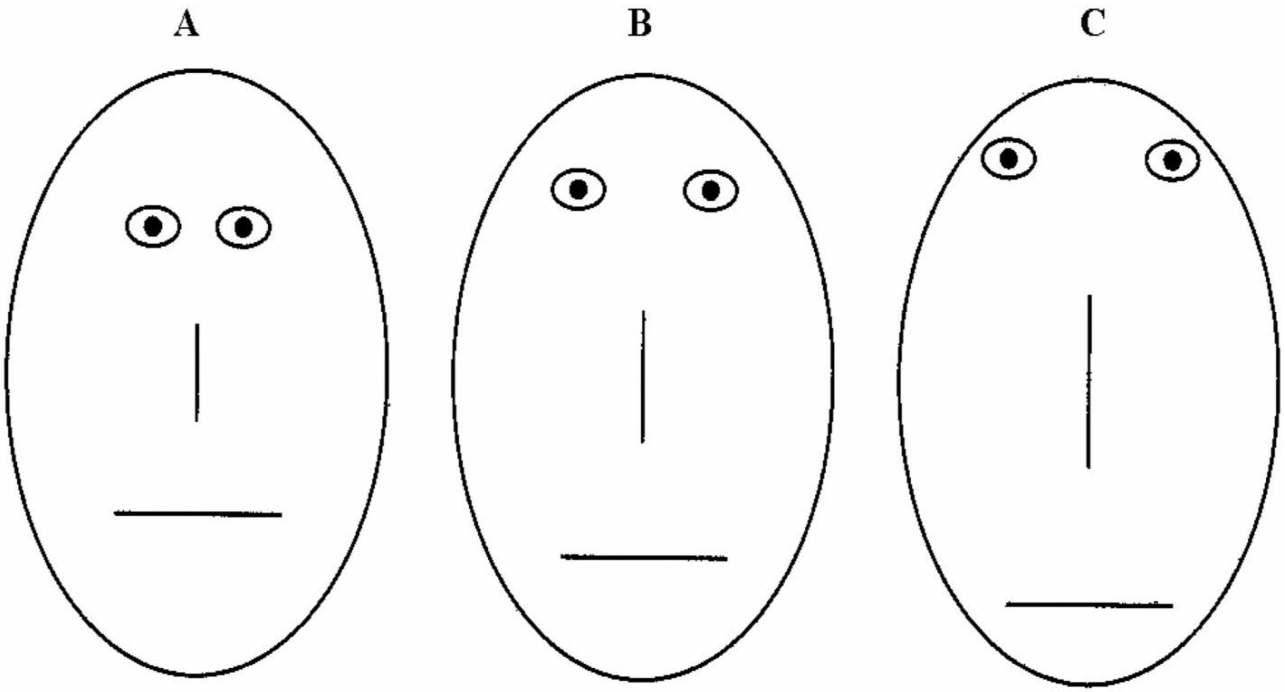


Figura 9.12. Caras usadas en el experimento de categorización de Hubert y Lenz con palomas (Según Hubert y Lenz, 1993).

Las palomas recibieron un entrenamiento en discriminación con 62 caras distintas. Las palomas fueron reforzadas por picotear una tecla en presencia de las caras cuya suma de los valores de las características fuera mayor de 0. El resultado fue que el número de respuestas ante las caras reforzadas fue mayor que ante las caras no reforzadas. Cuantas más características tenía en común una cara con la cara de la

derecha, mayor era el número de sus respuestas.

B) Teoría del ejemplar

Otra posible explicación de la categorización es que los sujetos recuerdan cada caso o ejemplar y a la categoría a la que pertenecen (Pearce, 1989). Esta teoría del ejemplar se centra en aspectos más globales de los estímulos y no tanto en sus elementos. Cuando los animales han realizado un entrenamiento en discriminación en base a categorías y han aprendido a identificar con precisión la categoría reforzada, luego, cuando se presentan imágenes nuevas de la misma categoría responden peor que ante las antiguas. Este efecto se denomina efecto del ejemplar. Estos resultados indican que los animales son capaces de aprender acerca de los estímulos individuales en una tarea de categorización y esta información es la responsable de la respuesta. Cuando se presentan estímulos nuevos, la información anterior no se ajusta del todo a la nueva y la actuación de los sujetos es un poco peor.

Según Pearce (1989), la teoría del ejemplar puede explicar la capacidad de categorizar estímulos que con el entrenamiento se han hecho frecuentes, pero para explicar lo que ocurre cuando se presentan estímulos nuevos de la misma categoría es necesario utilizar los principios de la generalización del estímulo propuestos en la teoría de Spence. En el entrenamiento de aprendizaje de una categoría el sujeto es reforzado por realizar la respuesta ante determinados estímulos y no reforzado por realizarlo ante otras, lo que quiere decir que participará de una generalización excitatoria e inhibitoria. Cuando se presenta un estímulo nuevo por primera vez que pertenece a una categoría que señala el refuerzo, es probable que comparta muchas características con otros estímulos que también han sido reforzados, por lo que se producirá una generalización excitatoria a este estímulo. La generalización inhibitoria que resulte de los ensayos no reforzados será baja porque el estímulo es muy distinto. La respuesta neta final será excitatoria y ajustada a la categoría que pertenece.

C) Teoría del prototipo

Esta teoría considera que cuando los sujetos son expuestos a estímulos de una categoría se forman un prototipo de la misma (Aydin y Pearce, 1994). El prototipo sería algo así como una representación resumen o un promedio de los distintos estímulos presentados. Una vez que se ha formado el prototipo, cuando se presenta un estímulo nuevo con el ejemplar, se activa el prototipo y se produce la respuesta adecuada a la categoría. Se supone que el prototipo se activa más cuanto más similar es el estímulo nuevo con el ejemplar y el prototipo. Hay datos experimentales que muestran que cuanto más parecidos son los ejemplares al prototipo, mejor se clasifican los estímulos (Postner y Keele, 1968).

Algunos autores consideran que las demostraciones experimentales del efecto del prototipo sobre la categorización también se pueden explicar con la teoría del rasgo o del ejemplar (véase Aydin y Pearce, 1994).

9.5. Resumen

Los estímulos que anteceden a la conducta y que señalizan la disponibilidad del refuerzo pueden determinar si se realiza o no la conducta. El control por el estímulo nos permite saber en qué situaciones la conducta será reforzada o no. Para saber si una conducta instrumental está bajo el control de un estímulo discriminativo basta comprobar si cambia cuando se varían las características del estímulo.

La *discriminación* consiste en responder de forma distinta a dos o más estímulos basándose en las diferencias aparentes. La *generalización* de estímulos es el fenómeno contrario a la discriminación y consiste en responder de forma similar ante dos o más estímulos distintos que son muy similares entre sí.

Un gradiente de generalización del estímulo es la relación que hay entre las variaciones de algún aspecto del estímulo y la fuerza de la respuesta. El gradiente proporciona una medida precisa del grado de control que un estímulo tiene sobre la respuesta. Cuanto más pendiente sea el gradiente, menor será la generalización.

El *desplazamiento del vértice* es el efecto derivado de la interacción entre el condicionamiento excitatorio e inhibitorio. Éste se define como un alejamiento del vértice del gradiente excitatorio respecto al E+, en dirección opuesta a la del E–.

Al gradiente de generalización le afectan variables como el entrenamiento previo en discriminación, el intervalo entre la fase de entrenamiento y la de prueba, el nivel de impulso y la duración del entrenamiento previo en discriminación.

El aprendizaje de discriminación es un proceso instrumental en el que se refuerza la respuesta ante la presencia de un estímulo (E+) y no se refuerza en presencia de otro estímulo (E–). Existen varios procedimientos de discriminación: simultánea, discriminación sucesiva, discriminación entre programas de reforzamiento y discriminación condicional.

Se han propuesto varias teorías para explicar la discriminación. La teoría de la *comprobación de hipótesis* considera que los sujetos afrontan la situación como un problema a resolver y van poniendo a prueba las hipótesis de una en una, hasta que dan con la hipótesis correcta. Spence considera que la discriminación es un producto de la interacción del condicionamiento excitatorio e inhibitorio. Sutherland y Mackintosh proponen una teoría atencional. La discriminación constaría de dos procesos bien diferenciados. En primer lugar, intervendría el *analizador de atención* y, en segundo lugar, la *adquisición de la respuesta*. Pearce propone una *teoría configuracional*. Esta teoría considera que cuando se presenta un estímulo compuesto durante el condicionamiento o en una discriminación, se establece una asociación entre la configuración de todos los estímulos y el EI en cada ensayo. Se supone también que la

asociación se va desarrollando de forma gradual a lo largo de los ensayos y la RC es el resultado neto de esa asociación. Así, cuando cambia el patrón de estimulación, cambiará también la RC.

Los animales son capaces de resolver problemas de categorización. En los estudios de discriminación se ha comprobado que los animales son capaces de diferenciar entre objetos, animales, personas, cuadros de pintura, etc.

Hay varias teorías explicativas de la categorización: la *teoría del rasgo* sostiene que los animales, cuando se enfrentan a un problema de categorización, se fijan en los componentes del estímulo y asignan la pertenencia a una categoría basándose en algún rasgo que es determinante. La *teoría del ejemplar* considera que los sujetos recuerdan cada caso o ejemplar y a la categoría a la que pertenecen. Cuando los animales han realizado un entrenamiento en discriminación en base a categorías y han aprendido a identificar con precisión la categoría reforzada, luego, cuando se presentan imágenes nuevas de la misma categoría, responden peor que ante las antiguas. La *teoría del prototipo* considera que cuando los sujetos son expuestos a estímulos de una categoría se forman un prototipo de la misma. Luego, cuando se presenta un estímulo nuevo con el ejemplar, se activa el prototipo y se produce la respuesta adecuada a la categoría.

10
Aprendizaje social

10.1. Introducción

Hasta ahora hemos visto cómo los animales aprendían a cambiar su conducta ante la presencia repetida de un estímulo (aprendizaje no asociativo), cómo aprendían a dar respuestas nuevas ante un estímulo, basados en la relación establecida entre ese estímulo y otro biológicamente más relevante (condicionamiento clásico) o cómo aprendían a variar su conducta en función de las consecuencias positivas o negativas (condicionamiento instrumental). Una característica de estos procesos de aprendizaje es que estaban basados en la experiencia directa con los estímulos o con las consecuencias de la conducta, según el caso. En cambio, en el *aprendizaje social* los animales aprenden a cambiar su conducta observando las conductas de otros individuos y las consecuencias de las mismas. Los animales aprenden de la experiencia de otros, normalmente congéneres, observando su conducta. Por ejemplo, cuando un miembro joven acompaña al grupo social al que pertenece en sus viajes a lo largo de un territorio, puede aprender las rutas de paso habituales, la localización de los recursos, etc.

La definición de aprendizaje social también implica la adquisición de habilidades sociales en la interacción directa con los compañeros de grupo. Los individuos pueden aprender modos específicos de interacción con otros. Los animales que viven en grupos interactúan con frecuencia con sus congéneres, siendo éstos una parte importante del entorno inmediato. Los individuos adultos disponen de conductas que les permiten seleccionar la dieta adecuada, encontrar agua, disponer de refugios, evitar los predadores, seleccionar la pareja, etc. Lo importante de esto es que los adultos realizan estas conductas en un entorno donde los jóvenes con los que interactúan se están preparando para conseguir la independencia. De esta forma, los animales jóvenes van a poder usar la conducta de los adultos como guía de sus propios repertorios conductuales para hacer frente a las demandas del entorno físico y social donde van a vivir.

De forma intuitiva solemos considerar que las especies sociales tienen mayor dependencia del aprendizaje social que las especies no sociales. Por ejemplo, consideramos que el desarrollo de las preferencias en la comida es una cuestión que ocurre en los animales que viven en grupos y no en los que viven solos. Sin embargo, esta intuición ignora el hecho de que los miembros adultos de las especies sociales y no sociales interactúan con sus crías en un período de la vida donde el aprendizaje social es

importante (al menos en mamíferos y aves). En consecuencia, debemos admitir que tanto las especies sociales como las no sociales se pueden beneficiar del aprendizaje social. Así, la selección de la comida por parte de los individuos jóvenes puede ser adquirida mediante observación tanto en las especies sociales como en las no sociales.

La mayoría de la investigación sobre aprendizaje animal se ha desarrollado en el marco del condicionamiento clásico e instrumental. Sin embargo, en los últimos años ha crecido el interés por el aprendizaje social y se ha realizado mucha investigación sobre el tema (véase Fragaszy y Perry, 2008; Galeff y Laland, 2005).

10.2. Importancia del aprendizaje social

El aprendizaje social proporciona una oportunidad para adquirir información y aprender de los otros. Aunque no siempre resulta beneficioso observar la conducta de los otros, la mayoría de las veces el aprendizaje social no supone un coste potencial, sobre todo en los animales jóvenes inexpertos. Por ejemplo, para unas crías de rata resulta ventajoso copiar la dieta de sus madres porque de esta forma evitan las sustancias venenosas sin tener que probarlas. Si las crías tuvieran que seleccionar la comida adecuada por ensayo y error, podría resultar fatal para ellas. De la misma forma, para los primates no humanos les resulta beneficioso adquirir ciertos alimentos básicos y hábitos de alimentación observando e imitando la conducta de sus madres o de los miembros del grupo.

La mayoría de las conductas que tienen que aprender los animales jóvenes tiene que hacerse de forma rápida. Un mamífero antes de ser destetado o un pájaro antes de dejar el nido materno deben saber evitar a los depredadores si no quieren ser comidos por uno de ellos.

La capacidad de aprendizaje social es adaptativa ya que genera conductas que aumentan la probabilidad de supervivencia de la especie. En cambio, la información adquirida socialmente puede ser adaptativa o no. La información transmitida socialmente normalmente resulta útil, pero cuando los ambientes son variables, la información de los otros puede llegar con retraso o ser inapropiada.

El aprendizaje social es un tipo de aprendizaje más rápido que el condicionamiento clásico e instrumental. Se puede decir que en muchas ocasiones un modelo vale más que mil aproximaciones sucesivas para aprender algo. Es decir, observando el comportamiento de otros se puede aprender más rápido que mediante las aproximaciones sucesivas propias del condicionamiento. Si el aprendizaje de selección y búsqueda de alimento de una cría de rata operara sólo por ensayo y error, se cometerían muchos errores y pondría en grave riesgo su vida. Ahora bien, si aprende a comer exclusivamente lo que come su madre y no se arriesga a comer otras sustancias, aumenta sus probabilidades de supervivencia. De la misma forma, un niño aprende antes a atarse los cordones de los zapatos si alguien le muestra cómo hacerlo, que si lo hace por su cuenta y riesgo sin ninguna información y sin haberlo visto hacer.

Sin embargo, los humanos tenemos experiencia de que a veces determinadas

conductas no se cambian hasta que no se tiene experiencia directa de los resultados de la misma. ¿Cuántas veces hemos escuchado a nuestros padres que no debíamos realizar determinadas conductas, tomar determinadas decisiones o evitar determinadas compañías? Probablemente este tipo de mensajes los hemos escuchado con frecuencia y sin embargo no hemos variado nuestra conducta. Incluso es posible que hayamos visto el resultado negativo de la conducta de otros y sin embargo repetimos esa conducta. Nos resistimos a aprender. Parece que algunas veces necesitemos sufrir en nuestras propias carnes la experiencia para aprender. Por ejemplo, muchas veces hemos escuchado que no debemos circular con exceso de velocidad cuando conducimos un coche y otras tantas hemos observado por televisión las consecuencias de la conducción excesivamente rápida. Incluso hemos contemplado accidentes de carreta sufridos por otras personas. Sin embargo, hasta que no hemos tenido un accidente o hemos estado a punto de tenerlo, no hemos cambiado la forma de conducir. Es decir, a veces las conductas no se cambian por la simple observación del resultado de la conducta de otros, sino que sólo lo hacemos después de la experiencia directa de la misma y de sus consecuencias. Lo arriesgado de esta forma de proceder es que muchas veces no hay segundas oportunidades para poder cambiar, como ocurre si se conduce con exceso de velocidad. Por eso es válida la idea general formulada antes de que si observamos el resultado del comportamiento de otros, puede servir para cambiar nuestra conducta, evitar el riesgo y no tener que realizar la tarea larga y tediosa del ensayo y el error, lo que supone una ventaja adaptativa.

10.3. Elementos del aprendizaje social

En el aprendizaje social intervienen dos sujetos: un *observador* y un *modelo* o *demostrador*. Desde un punto de vista del procedimiento experimental, el aprendizaje social consta de dos fases: fase de *demostración* y fase de *prueba*. En la primera fase están presentes el animal modelo y el observador. Un animal observa a otro realizar una conducta con un determinado resultado. En la fase de prueba el observador tiene que realizar la misma tarea que el modelo. Se considera que ha habido aprendizaje social si el observador realiza la tarea antes que un sujeto control que no ha observado hacer la tarea a ningún congénere. Con este procedimiento, el observador adquiere una información acerca del resultado de la conducta del modelo y varía su conducta en función de la información obtenida.

En el aprendizaje social un animal modelo puede influir de diversas maneras sobre otro observador. Puede transmitir información olfativa, auditiva, visual, etc., que puede afectar a la conducta del congénere. El aprendizaje social incluye tanto al aprendizaje observacional como a la imitación, así como a otros comportamientos que son guiados por señales de distintas modalidades sensoriales. Por tanto, el aprendizaje social es un aprendizaje basado en la relación entre dos sujetos, lo que implica que el *animal observador* y el *animal modelo* deben coincidir en el tiempo y en el espacio (debe haber una contigüidad observador-modelo), y probablemente en la motivación.

El término *aprendizaje social* suele ser intercambiable con el de aprendizaje observacional, aprendizaje vicario, aprendizaje mediante modelos, aprendizaje por imitación, etc. Todos estos términos se refieren a aprender de la experiencia de los demás, y cada uno de ellos tiene sus matices. Su uso ha variado a lo largo de los últimos 40 años. Nosotros utilizaremos el término aprendizaje social por ser el término más corriente en la actualidad y porque incluye el aprendizaje observacional y la imitación.

El aprendizaje social es utilizado por muchas especies animales (véase Galef y Laland, 2005). La experiencia de los otros, normalmente los progenitores, puede servirles para aumentar la probabilidad de supervivencia. La capacidad del aprendizaje social no sólo supone una ventaja adaptativa, sino que tiene un significado en la evolución de las complejas conductas de los vertebrados. Hay que distinguir entre lo que es la capacidad del aprendizaje social y el uso concreto de las claves sociales que guían el desarrollo de la conducta. El que la información social disponible sea adaptativa dependerá de los costes y beneficios relativos del aprendizaje social. Muchos estudios demuestran que los animales en algunas situaciones ignoran la información social.

El aprendizaje social requiere unas capacidades cognitivas en los organismos que sean adecuadas al tipo de imitación que se va a realizar. Por ejemplo, las conductas imitativas en los primates no humanos son más complejas que las conductas de otros animales más alejados de la especie humana.

El aprendizaje social en los animales tiene menos importancia que el aprendizaje social en los humanos. En los humanos el aprendizaje social es la clave explicativa de los procesos de interacción social y socialización. Hoy en día, las tecnologías de la información, tanto audiovisuales (radio, TV, internet, teléfono móvil, etc.) como escritas (libros, revistas, prensa, etc.), han multiplicado la importancia del aprendizaje social al proporcionar muchos modelos a los cuales imitar y ser una forma de ejercer control sobre los individuos. El aprendizaje mediante modelos es un vehículo de difusión de ideas, creencias, valores y un medio muy importante para cambiar las conductas de la gente que observa, escucha o lee. Bandura ha propuesto una teoría cognitiva social para explicar el aprendizaje social en humanos (Bandura, 1986). Nosotros en este capítulo nos vamos a referir sólo al aprendizaje social en animales.

10.4. Aprendizaje social sobre las cosas que se comen

La rata es un animal que aprende a evitar la comida envenenada mediante la experiencia de los otros. En 1950, Steiniger, un ecologista aplicado que estaba dedicado a estudiar la mejora de los procedimientos de control de la proliferación de las ratas, informó que cuando se introducía un cebo envenenado dentro del territorio de una colonia de ratas salvajes noruegas, no lograba hacer desaparecer a las ratas (Steiniger, 1950). Aunque conseguía una disminución de la plaga la primera vez que se introducía el cebo envenenado, pronto volvían las poblaciones de ratas a su tamaño normal a pesar de mantener el cebo. Steiniger explicaba estos resultados diciendo que muchos de los

individuos comerían la dosis letal la primera vez, mientras que otros tomarían sólo un poco. Estas ratas supervivientes aprenderían con una sola experiencia de enfermedad a asociar el sabor del cebo con los efectos perniciosos y evitarían volver a comer del cebo. Todavía le resultó más sorprendente que las crías nacidas de las ratas supervivientes evitaban el cebo envenenado que sus madres habían aprendido a evitar.

Posteriormente se ha demostrado que las crías de ratas aprenden a comer lo que su madre o sus congéneres adultos comen (Galef y Clark, 1971). Por tanto, la evitación del cebo envenenado parece depender de la preferencia por la comida que hayan comido otras ratas adultas y que es de suponer que es segura, además de la neofobia (miedo a los sabores nuevos).

Las ratas adquieren socialmente con facilidad preferencias sobre la comida. Smotherman (1982) realizó un experimento con dos grupos de ratas gestantes, a uno de los grupos le inyectó zumo de manzana en el líquido amniótico durante la gestación y al otro grupo le inyectó agua. En la fase de prueba las crías podían elegir entre un sabor a manzana y otro a agua. El resultado fue que las crías del primer grupo preferían el sabor a manzana, mientras que las crías del segundo grupo no mostraban preferencia por ninguno de los sabores. Es decir, la exposición durante la gestación a un determinado sabor aumentó luego la preferencia por una comida con ese mismo sabor.

Años más tarde, Herper (1988) realizó un experimento en el que alimentó con ajo a unas ratas hembra al final de la gestación. Tras el parto, las crías eran retiradas de su madre natural y luego alimentadas por una madre adoptiva que nunca había comido ajo. A los 12 días de vida, las crías realizaron una prueba de elección entre el olor a ajo y el olor a cebolla. El resultado fue que las crías preferían el olor a ajo. En cambio, las crías de madres que no habían sido alimentadas con ajo, se mostraban indiferentes ante la elección. Estos resultados parecen indicar que las crías durante la gestación pueden adquirir alguna información de su madre acerca de algún alimento que pueden comer.

Está claramente establecido que el sabor del alimento que ingieren las madres en el período de lactancia puede afectar al sabor de su leche y que el sabor de la leche de las madres también puede afectar a la preferencia de la comida por parte de sus crías al destete. Galef y Sherry (1973) realizaron un experimento en el que unas crías de rata fueron amamantadas por una madre mantenida con una dieta sin sabor. Luego fueron retiradas las crías de su madre natural y alimentadas con leche obtenida manualmente de una rata que había sido alimentada con una dieta con sabor. En un determinado momento, se les inyectó una toxina que les hizo enfermar. Cuando las crías fueron destetadas, manifestaron aversión a la dieta con sabor. También mostraron preferencia por la leche con el mismo sabor que el de la madre natural que mamaron durante unas horas, pero no por la leche de la rata que les crió y con la que tuvieron relaciones maternales.

Cuando las ratas comienzan a ingerir comida sólida tras el destete, eligen la misma comida que su madre. Cuando comen los adultos depositan claves olfativas en torno a la comida que resultan muy atractivas para las crías.

También influye el aprendizaje social en individuos adultos. Cuando una rata

observadora interactúa durante un tiempo con otra rata modelo que acaba de comer una determinada sustancia, la rata observadora mostrará preferencia por la comida recién ingerida por la modelo (Galef, 1988). Estas interacciones pueden permanecer durante varios meses tanto en aprendizajes de aversiones al sabor como a la comida picante (Galef y Whiskin, 2003). En una serie de experimentos realizados por Galef (1988), a una rata modelo se le permitía comer una comida condimentada con un sabor a cacao o a canela. En un segundo momento, se colocaba a una rata observadora en compañía de la modelo que acababa de comer para que interaccionara con ella durante 30 min, pero sin comida. En la fase de prueba la rata observadora tenía que elegir entre una comida con sabor a cacao o a canela. El resultado fue que las ratas elegían la comida con el mismo sabor de la comida que había consumido la rata modelo. Se han conseguido resultados similares incluso cuando la rata modelo había ingerido la comida 4 horas antes de interaccionar con la rata modelo. También se ha encontrado que esta preferencia ocurre incluso si la fase de prueba se realiza 12 horas después de haber interaccionado la rata modelo y la rata observadora.

Galef (1988) trató de averiguar algunas características de la interacción que fueran responsables de la preferencia adquirida. En una primera fase del experimento introducía una rata observadora en un cubo y una rata modelo anestesiada en un tubo de malla encajado en la pared del cubo y colocado en posición horizontal. El tubo estaba colocado a una altura que la rata observadora pudiera interaccionar. Algunas de las ratas modelo tenían restos de comida salpicada por la cara y a otras se les había introducido comida directamente al estómago. En la fase de prueba las ratas observadoras preferían el alimento con el mismo sabor de la comida con el que se había salpicado la cara o alimentado a la modelo. Como estímulo clave actuaron tanto los restos de comida como el aliento de la rata modelo. Cuando se sustituía la rata modelo por una bola de algodón salpicada con comida, la rata observadora no mostraba ningún tipo de preferencia en la fase de prueba. Es decir, es necesario que la rata observadora interaccione con la rata modelo para que se produzca la preferencia.

En otro experimento realizado por Galef (1988) se muestra el papel que pueden jugar las preferencias adquiridas socialmente en la búsqueda de alimento. En este trabajo se utilizó un laberinto con tres brazos y tres cajas meta (A, B y C) (véase figura 10.1). En primer lugar, las ratas fueron entrenadas a encontrar comida en una de las tres cajas meta. En cada caja meta se presentaba siempre la misma comida con un sabor determinado. En la caja A se presentaba queso, en la caja B comida con sabor a canela y en la caja C comida con sabor a cacao. La caja meta correcta variaba de unos días a otros. Cuando en la fase de entrenamiento se introducía la rata en el laberinto, el animal descubría qué caja meta era la que tenía la comida. Una vez que había aprendido cuál era la caja con comida, la rata elegía preferentemente el brazo correcto. Antes de iniciar la fase de prueba, se introducía la rata experimental en la caja de salida junto con otra rata modelo que acababa de ingerir una comida con el mismo sabor de la comida que estaba en la caja meta correcta. En la fase de prueba, se abría la caja de salida y la rata observadora tenía que encontrar la comida en la caja meta. El resultado fue que aumentó

significativamente la probabilidad de que la rata se dirigiera al brazo correcto donde estaba la comida como consecuencia de la interacción con otras ratas. La rata observadora había utilizado la información que le proporcionaba la rata modelo para conseguir la comida. Probablemente, cuando las ratas vuelven a la colonia después de comer, las ratas observadoras utilicen la información proporcionada por los restos de comida en la cara y su aliento de esta rata modelo para conseguir comida, además del conocimiento que tienen del área en torno a la colonia.

En los *primates no humanos* el aprendizaje social también parece jugar un papel relevante en la elección de la comida. Por ejemplo, la elección de la comida por parte de las crías de estos animales está muy influida por las preferencias alimenticias de las madres y de otros miembros del grupo (Kawai, 1965). Es fácil observar a las crías explorar la comida en presencia de sus madres. Probablemente estas interacciones con la comida en edades tempranas sirvan para luego aprender a elegir la comida adecuada. Watts (1985) ha aportado datos que apoyan esta posición. Este autor ha observado que las crías de gorila comen con más frecuencia la comida elegida por sus madres que cualquier otra comida.

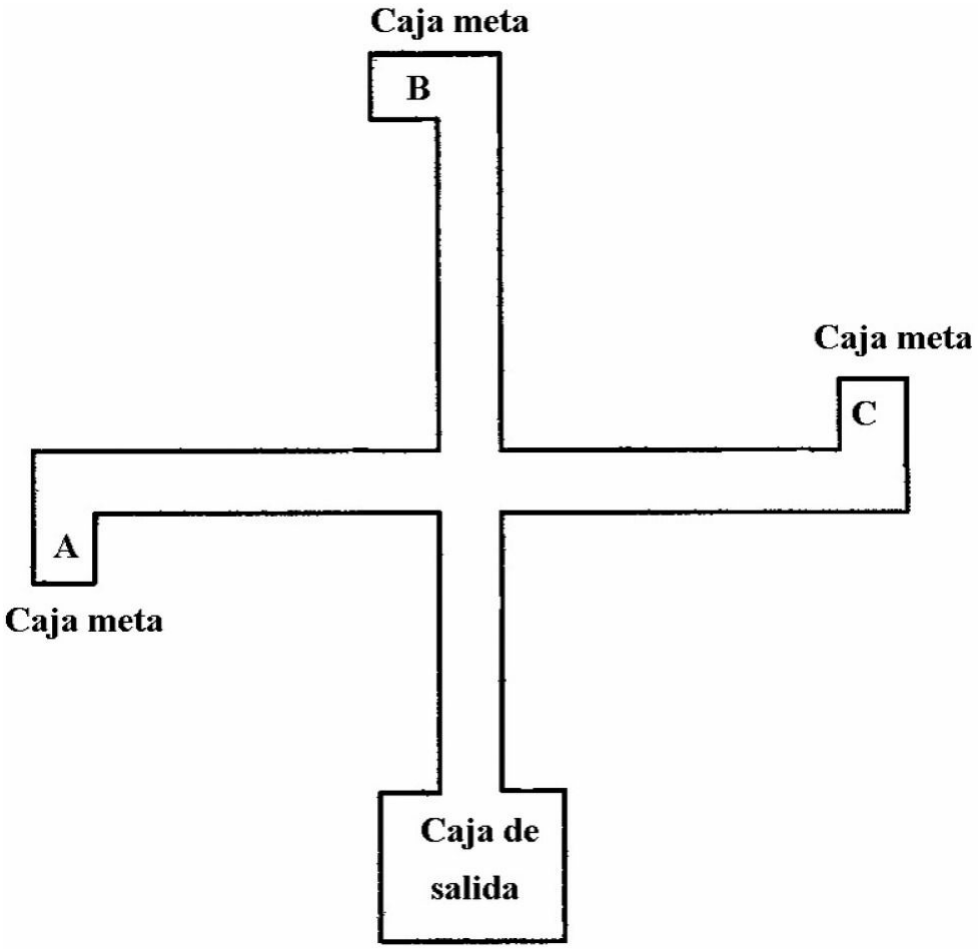


Figura 10.1. Laberinto empleado en el experimento de Galef (1988).

Los compañeros sociales pueden aumentar el consumo de comida de un individuo a través de la *facilitación social*. El fenómeno de la facilitación social consiste en el aumento de la ejecución de una conducta por parte de un individuo mientras otro realiza esa conducta en su presencia. Es decir, la simple presencia de otro individuo energiza todas las respuestas suscitadas por la situación estímulo.

También hay otras maneras a través de las cuales los congéneres pueden influir en el interés del observador por una comida que están comiendo. Por ejemplo, un compañero que está comiendo una comida puede *atraer la atención* del observador hacia esa comida y a las acciones que realiza con ella. También un observador puede coger algunos trozos de comida de otro congénere y de esa manera conseguir comida y ganar experiencia manipulándola.

Fragaszy cols. (véase Fragaszy, Feurstein y Fedigan, 2004; Fragaszy y Visalberghi, 1996) han realizado una serie de investigaciones para averiguar la influencia del aprendizaje social en la conducta alimenticia de los monos capuchinos de cabeza dura (*Cebus apella*). Los monos capuchinos son animales omnívoros que se alimentan predominantemente de frutas y otras plantas. También forman parte de su dieta invertebrados y algunos vertebrados como lagartijas y pollos de aves. Estos animales viven en grupos de 10-30 individuos en los cuales hay un macho dominante. Los grupos permanecen cohesionados durante el día, aunque se dispersan mientras forrajean. Las relaciones sociales en el medio natural y en cautividad suelen ser pacíficas.

En un primer trabajo Fragaszy y cols. estudiaron si el consumo de una comida nueva podía ser facilitada socialmente en mayor medida que el consumo de una comida familiar (Visalberghi y Fragaszy, 1995). Utilizaron 11 monos capuchinos cautivos de una edad comprendida entre 2-15 años, que vivían en dos grupos. Estos individuos comían un promedio similar de piezas de comida. En primer lugar, presentaron una gran cantidad de comida familiar a los individuos en sus propias cajas de estabulación, bien mientras su grupo estaba presente (condición social), bien cuando estaban solos (condición individual). El resultado fue que los monos no comían más de la comida familiar cuando los compañeros estaban presentes que cuando estaban solos.

A continuación presentaron 20 tipos distintos de comida no familiar a cada sujeto en las dos condiciones anteriores: social e individual. La comida tenía sabores y texturas muy variadas y era similar al tipo de comida que los monos consiguen en su medio natural (frutas, flores, legumbres, pequeños animales, etc.). También fueron presentadas 4 comidas familiares a los sujetos. Durante cada sesión de la fase de prueba se presentó una sola comida. Los 20 tipos de comida fueron divididos en dos series; cada grupo recibió una serie en la condición social y la otra serie en la condición individual. El resultado de este experimento fue que los sujetos de las dos condiciones comieron más la comida familiar que la comida no familiar. Es decir, los monos capuchinos distinguen entre las comidas familiares y las no familiares y andan con precaución con las nuevas comidas, tanto en la condición social como individual.

Sin embargo, hay dos datos que resaltan la presencia de la facilitación social de la alimentación en las comidas no familiares. En primer lugar, un número significativo de

individuos (9 de 11) consumieron comidas nuevas en más ocasiones en la condición social que en la condición individual. En segundo lugar, la mayoría de los individuos (9 de 10) consumieron mayor número de comidas nuevas en la condición social que en la condición individual. Así pues, los monos consumieron más cantidad y más variedad de comidas cuando realizaron la prueba en la condición social que en la condición individual.

Estos resultados parecen apoyar la explicación de Galef (1993) de que la facilitación social es más evidente en la conducta de elección de las nuevas comidas que de las familiares, al menos en aquellas especies que se alimentan de una gran variedad de comidas.

En una investigación posterior (Fragaszy, Feuerstein y Mitra, 1997), estudiaron la conducta de los jóvenes capuchinos hacia un tipo de nuez dura (*Carya illinoensis*). La nuez se presentaba sin la cáscara externa. Los monos capuchinos rompen comúnmente estas nueces con una combinación de mordiscos y golpes y los individuos adultos lo hacen con rapidez. Lo que se quería explorar en este trabajo era cómo los pequeños obtienen una comida familiar cuando ésta está oculta en una concha (la nuez dura), y no tanto si los animales comen o no una comida nueva.

Se utilizaron dos grupos de monos cautivos. El grupo 1 estaba compuesto por 20 animales (de 2 meses a 18 años de edad) y el grupo 2 por 22 (de 2 meses a 35 años de edad). De ellos, 9 sujetos eran pequeños (2-7 meses de edad) y 2 jóvenes (21-22 meses de edad) al comienzo del experimento. El procedimiento consistía en presentar una gran cantidad de nueces y comida comercial a los dos grupos de de animales (condición social e individual). Al grupo control sólo se presentó comida comercial. Los monos pequeños fueron observados a lo largo de un período de 18 semanas y cada sujeto fue observado durante un promedio de 21 sesiones. La sesión experimental duraba 10 min. Cada día de prueba se realizaron tres observaciones en cada grupo, reponiendo el suministro de comida antes de cada período de observación.

Se registraron las conductas de coger las nueces del suelo, juntar las nueces que habían sido babeadas u obtener nueces de otros congéneres. El resultado fue que los monos pequeños mostraron un gran interés en las nueces que otros estaban comiendo, incluso más interés que en las comidas nuevas o en la comida familiar comercial. Las crías intentaron coger las nueces que otros estaban comiendo. Incluso algunos pequeños comían de la mano de sus madres.

Este patrón de comportamiento era evidente tanto con la comida comercial como con las nueces. Sólo 4 de los 9 individuos pequeños y los 2 jóvenes fueron capaces de abrir las nueces. Las crías iniciaron una variedad de interacciones toleradas hacia los adultos y la comida fue con frecuencia transferida. Todas estas interacciones fueron más frecuentes con las nueces que con la comida comercial. Los individuos adultos fueron tolerantes con las crías que podían abrir las nueces y con las que no podían. Las interacciones sociales toleradas durante la alimentación podrían influir en la adquisición de información acerca de la comida por parte de los pequeños.

Así pues, estos resultados parecen indicar que los pequeños no aprenden cómo abrir las nueces viendo cómo lo hacen los adultos o interactuando con ellos. Los

pequeños menores de 6 meses no son capaces de abrir las nueces. Los dos jóvenes sí eran capaces de abrir las nueces desde el comienzo de la sesión. Es decir, el abrir estas nueces es una habilidad que los pequeños la adquieren hacia el final del primer año de vida. Además, la apertura de las nueces no depende tanto de la habilidad sino de la fuerza. Los pequeños muerden y golpean la nuez lo mismo que los adultos, pero no tienen fuerza suficiente para poder abrirlas.

Estos estudios parecen indicar que en los monos capuchinos, las conductas de los adultos hacia los pequeños no están afectadas por la competencia o no competencia de las crías para abrir las nueces. Los pequeños cogen las nueces de otros incluso si son capaces de abrirlas por sí solos. Los adultos no parecen actuar como modelos de los pequeños para aprender la conducta de romper las nueces, pero sí permiten la interacción social que les permita a las crías familiarizarse con la comida y obtenerla. Estos resultados sugieren que el entorno social podría respaldar el aprendizaje sobre las comidas nuevas.

10.5. Aprendizaje social de cómo conseguir comida

Muchos animales utilizan el aprendizaje social no sólo para adquirir información acerca de qué comer, sino también para adquirir determinadas pautas motoras que le permitan conseguir comida (Galef y Giraldean, 2001). Por ejemplo, las ratas negras que viven en los "pinos de Jerusalén" de muchos pinares de Israel aprenden socialmente a conseguir comida de los pinos. Las ratas anidan en los árboles y se alimentan de los piñones que extraen de las piñas (Zohar y Terkel, 1996). Las ratas obtienen los piñones de las piñas quitando de forma sistemática las brácteas (escamas ordenadas de forma helicoidal alrededor del eje de las piñas) utilizando una pauta de conducta estereotipada denominada técnica en espiral. Estas ratas comienzan a quitar las hojas por la base del apéndice y continúan en espiral hasta la punta de la piña. Dicha conducta se transmite culturalmente de las madres a las crías (véase figura 10.2).

Estudios de laboratorio han mostrado que sólo 6 de las 222 ratas negras que fueron capturadas fuera de los pinares y llevadas al laboratorio tenían la habilidad de sacar los piñones de las piñas mediante la técnica en espiral cuando estaban hambrientas. Las 216 ratas restantes ignoraban las piñas a pesar de haber estado durante varias semanas con las piñas y en compañía de las 6 ratas expertas. Sin embargo, cuando las ratas eran criadas por una madre modelo experta, que utilizaba la técnica en espiral en presencia de sus crías, más del 90% de ellas aprendían a abrir las piñas con esta técnica para conseguir los piñones (Zohar y Terkel, 1996). Parece claro que algún aspecto de la interacción de la madre experta con sus crías era suficiente para transmitir dicha habilidad de forma eficiente de una generación a otra.

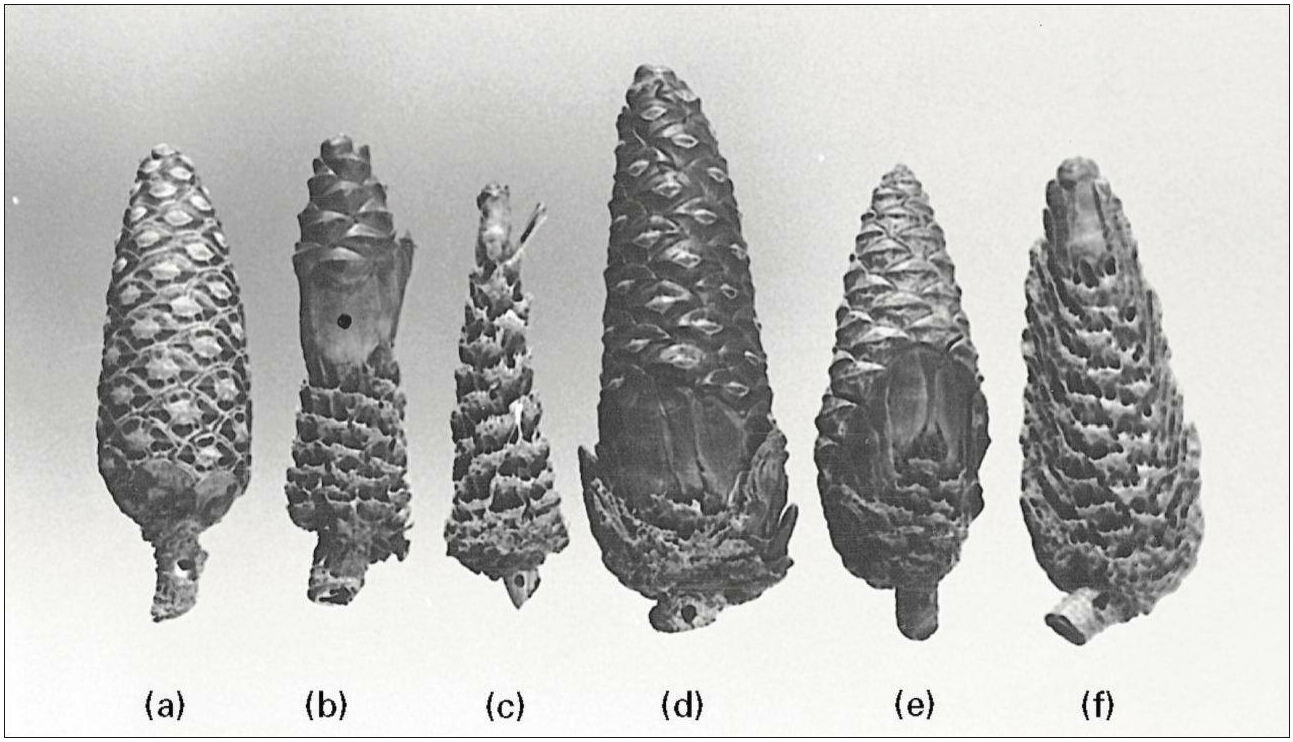


Figura 10.2. Diferentes estados de la piña durante el proceso de quitar las hojas mediante la técnica en espiral para conseguir los piñones (a–c). Las tres últimas piñas (d-f) fueron desnudadas mediante la técnica del afeitado (Según Zohar y Terkel, 1996).

Algunas aves y primates utilizan determinadas herramientas para alimentarse. Por ejemplo, el cuervo de Caledonia (*Corvus monoduloides*), que habita en Nueva Zelanda, utiliza 3 tipos de herramientas obtenidas de las hojas del árbol del pandano y que le sirven para encontrar los insectos (Hunt y Gray, 2002).

Otra ave que utiliza herramientas para capturar insectos es el pinzón carpintero de las Islas Galápagos (*Camarhynchus pallidus*), también llamado pinzón de Darwin. Este pájaro usa las espinas del cactus como herramientas para empujar los insectos de los agujeros de la corteza. En principio este comportamiento se considera como una conducta que puede haberse adquirido socialmente. Sin embargo, algunos autores como Tebbich, Taborsky, Fessl y Blumqvist (2001) han demostrado que los jóvenes son capaces de usar las espinas de los cactus para cazar incluso sin haber visto nunca hacerlo a un congénere adulto, lo que indica que no hay ninguna evidencia de que esta habilidad sea adquirida socialmente. Los autores consideran que estos pájaros tienen una predisposición para aprender su uso por ensayo y error y que este aprendizaje se adquiere pronto en un período sensible de su desarrollo.

También los chimpancés de distintos lugares del mundo utilizan herramientas variadas para coger hormigas legionarias y otros insectos (McGrew, 1992).

10.6. Aprendizaje social del miedo a los depredadores

El aprendizaje social del miedo a los depredadores ha recibido mucha menos atención por parte de los investigadores que el aprendizaje social de cómo obtener comida o qué comida consumir. Sin embargo, hay suficiente evidencia experimental que indica la participación del aprendizaje social en la adquisición del miedo a los depredadores en distintas especies animales (peces, anfibios, reptiles, aves, mamíferos, etc.) (véase Griffin, 2004). El patrón de adquisición es similar en todos los grupos: antes del aprendizaje, los sujetos no muestran ninguna respuesta o apenas una respuesta débil ante un estímulo, pero tras la presentación del estímulo en contigüidad temporal con una señal de alarma, hace que éste suscite una respuesta de evitación del depredador.

Muchos autores consideran que la adquisición de miedo se produce por mecanismos asociativos (Heyes, 1993; Mineka y Cook, 1988). La observación de un animal modelo que muestra miedo a un determinado estímulo, situación, etc., hace que el observador reaccione luego con miedo ante la presencia de ese estímulo o esa situación. El estímulo que produce miedo sería el EC y la reacción de miedo del modelo el EI. Esta explicación se apoya en las correlaciones positivas que hay entre los niveles de reacción de alarma del sujeto modelo y del observador durante el entrenamiento y en los niveles de reacción de alarma después del entrenamiento.

Estudios realizados con peces han mostrado que estos animales aprenden a evitar a los depredadores mediante el aprendizaje social. Se ha observado que determinadas claves visuales y químicas suscitan respuestas de alarma en los observadores durante el entrenamiento (Chivers y Smith, 1998). El reconocimiento del predador se adquiere comúnmente con una sola presentación del estímulo social y el estímulo nuevo en contigüidad temporal. Algunos autores han informado que bastantes especies de peces transmiten la evitación del depredador adquirida socialmente a través de cadenas de individuos (Subotski, Bain, Carty, McQuoid, Seelen y Seifert, 1990). Los peces modelo iniciales son condicionados mediante presentaciones emparejadas de las claves del predador y las sustancias químicas de alarma. Los siguientes grupos pueden ser entrenados por una mezcla de individuos ingenuos experimentalmente con modelos expertos y la presentación de las claves del predador. Subostski y cols. (1990) han observado en el laboratorio que la transmisión se realiza a través de al menos tres grupos de observadores ingenuos.

También se ha observado aprendizaje social del miedo a los predadores en distintas especies de aves (Curio, Ernst y Vieth, 1978). Los estímulos sociales que desencadenan las respuestas de evitación de los predadores son tanto visuales (rabo y alas extendidas) como acústicas (señales de alarma). El reconocimiento del predador es adquirido también mediante la presentación del estímulo social y el estímulo nuevo emparejados. Curio y cols. (1978) han demostrado que es posible la transmisión social en los tordos a lo largo de una cadena de 6 individuos sin disminuir la respuesta.

Son especialmente relevantes las investigaciones sobre el aprendizaje social del miedo a los predadores con monos realizadas por Mineka y Cook (1988). Los monos

adultos en su medio natural muestran un miedo exagerado a las serpientes. Cuando se encuentran con una serpiente comienzan a realizar llamadas de alarma, a mostrar caras de miedo y a apartarse del camino de las serpientes. Sin embargo, los individuos nacidos y criados en el laboratorio no muestran ningún miedo la primera vez que se encuentran con una serpiente, lo que indica que el miedo en los monos no es innato. Mineka y Cook (1988) realizaron un experimento con monos rhesus (*Macaca mulatto*) criados en el laboratorio. Los monos jóvenes eran expuestos a modelos que manifestaban miedo a las serpientes. La exposición a los modelos miedosos se hacía bien en directo, bien mediante la proyección de un vídeo en la televisión. El resultado fue que los monos observadores adquirían con facilidad miedo a las serpientes. Sólo bastaba una exposición para adquirir el miedo. Demostraron que estos miedo eran persistentes y se mantenían durante al menos un año. Además observaron que cuando se presentaba un modelo valiente que no manifestaba miedo a la serpiente, los monos observadores no adquirían el miedo a las serpientes. Mineka y Cook explicaban que la adquisición de estos miedos se producía mediante procesos asociativos. Las serpientes serían los EC y la reacción de miedo de los monos modelo el EI.

El tema de la adquisición de miedos mediante la observación de modelos en monos se trató ampliamente en el capítulo 3. Allí se puede encontrar más información al respecto.

10.7. Papel del aprendizaje social en la elección de pareja

Una de las evidencias más claras del aprendizaje social en la elección de pareja se ha obtenido en la hembra del pez *guppy* o pez millón (*Poecilia reticulata*). Este pez de agua dulce habita en las zonas de lagos, charcas o corriente baja de los ríos de Centroamérica. Es un tipo de pez que se adapta bien a la vida en los acuarios y realiza con normalidad la exhibición de cortejo. Dugarkin (1992) realizó una serie de experimentos para averiguar el papel del aprendizaje social en la elección de pareja del pez guppy. Para ello utilizó un acuario10 x 1, en cuyos dos extremos había un habitáculo de plástico transparente donde se introdujo un pez macho. En el centro del acuario se situó un bote de plexiglás y en su interior una *hembra observadora* que podía ver el comportamiento de otras hembras en el acuario y potencialmente copiar su conducta. Luego se introdujo una *hembra modelo* que podía circular libremente por todo el acuario. El experimento se inició cuando todos los animales estuvieron en su habitáculo. La fase de observación duró 10 min. Durante este tiempo la hembra observadora pudo ver el comportamiento de la modelo. Finalizado este tiempo, se retiró del acuario la hembra modelo y se inició la fase de prueba. Se liberó a la hembra observadora de su bote y se dejó que circulara libremente por todo el acuario y podía elegir cualquiera de los dos machos. Se observó su comportamiento durante 10 min. El resultado fue que la hembra observadora eligió al macho que había preferido la hembra modelo. Es decir, la hembra observadora aprendió a elegir el macho basada en la elección realizada por la hembra modelo.

En otro experimento realizado por Dugatkin (1992), se eliminó la posibilidad de que se pudiera ver el cortejo de los machos y se mantuvieron constantes las otras condiciones. La luz fue ajustada de forma que los machos vieran su propia imagen en un espejo unidireccional y por tanto no cortejaran a las hembras. El resultado de este tratamiento fue que en la fase de prueba las hembras observadoras elegían a los machos al azar. Las hembras ingenuas experimentalmente que no han observado a una hembra modelo cerca de un macho, luego no muestran preferencia por ningún macho. Cuando no existe las oportunidades de elegir al macho observando las elecciones realizadas por otras hembras, las hembras del pez guppy lo hacen basándose en rasgos fenotípicos, tales como el tamaño, longitud de la cola, patrones de coloración, etc.

También se ha estudiado el papel del aprendizaje social en la elección de pareja en algunas aves. Galef y White (1998) realizaron una investigación con codornices japonesas (*Coturnix japonica*) donde se demostraba que las codornices que observan a un macho cortejar y copular con una codorniz hembra modelo, luego aumentaba la tendencia a afiliarse con el macho modelo. En un trabajo más reciente realizado por Persaud y Galef (2005), se informa que las codornices observadoras tenían más probabilidad de que sus huevos fueran fecundados por el macho modelo que habían visto montar a una hembra.

10.8. La imitación

La imitación implica el aprendizaje de una nueva conducta de otro congénere a través de la observación, mientras el observador copia lo que ha visto u oído. Es un tipo de aprendizaje social que implica aspectos de mayor complejidad que el aprendizaje observacional, pues requiere que el animal observador reproduzca con movimientos una conducta que percibió de manera visual. También implica la observación precisa de una conducta del modelo (Heyes, 1993).

10.8.1. La imitación en la naturaleza

Un ejemplo de imitación es la tradición de abrir los tapones de las botellas por parte de algunos pájaros para conseguir comida. Este hábito es frecuente en algunos pájaros británicos, en particular en los carboneros comunes (*Parus major*) y los herrerillos comunes (*Parus coeruleus*). La conducta fue descrita por primera vez en 1921, en la ciudad de Swaythling, cerca de Southampton, donde se observó cómo los pájaros rompían el tapón de aluminio de las botellas y se bebían la leche. Fisher y Hinde (1949) fueron los primeros investigadores que proporcionaron datos sistemáticos sobre esta conducta. Observaron que tal conducta se extendió con rapidez por toda Inglaterra entre 1930 y 1940. En 1935 sólo se había encontrado esta conducta en 13 localidades del sur de Inglaterra, 9 en el Norte y 1 en el Oeste. En 1947 esta conducta se había extendido a

toda la isla. La explicación de Fisher y Hinde fue que los pájaros habían aprendido esta conducta por la observación de otros pájaros que se bebían la leche. Los primeros pájaros que aprendieron la conducta de romper el tapón de las botellas para beberse la leche probablemente lo aprendieron por ensayo y error.

Experimentos posteriores con un pájaro carbonero norteamericano de cabeza negra (*Parus atricapillus*) han puesto muchas dudas sobre el origen de la apertura de las botellas. Sherry y Galef (1984) consideran que este hábito probablemente no fue adquirido por imitación, observando la apertura de la botella por parte de un congénere modelo, sino por un procedimiento de condicionamiento clásico. Cuando un pájaro se encuentra por casualidad con una botella abierta, seguramente beberá la crema que hay en la superficie y asociará el color brillante del aluminio (EC) con la leche (EI). Si al día siguiente vuelve al mismo sitio y observa que la botella está cubierta con el aluminio, picoteará el tapón (RC) como lo hacía para beberse la leche de la botella.

En un experimento realizado por Sherry y Galef (1990) se plantearon averiguar cómo se pudo iniciar la apertura de los tapones de las botellas de leche. Se introdujo a un pájaro en una jaula que tenía acceso a una botella de leche tapada con un tapón de aluminio y en otra jaula adyacente había otro pájaro ingenuo. Cuando el primer pájaro se percató de la presencia del segundo pájaro, comenzó a picotear la tapa de aluminio de la botella hasta que terminó por abrirla. La sola visión del segundo pájaro produjo una facilitación social de la conducta de picoteo. Probablemente esta facilitación social sea la responsable de la adquisición por primera vez de la habilidad de abrir las botellas. Ahora bien, la extensión tan rápida de esta habilidad por muchísimos lugares de las islas británicas y por muchos individuos de estas especies se haya realizado probablemente por aprendizaje social.

Lefebvre (1995) considera que el modelo que explica la extensión de la conducta de abrir la botella no puede considerarse como una simple onda que va avanzando de forma progresiva desde un único punto a otros mucho más lejanos. Este autor considera que los resultados experimentales no sustentan esta explicación. El modelo que defiende Lefebvre considera que la propagación de la conducta de abrir el tapón de la botella se debe probablemente a una combinación de efectos sociales directos e indirectos, junto con otros fenómenos no sociales, como modificaciones en los resultados de los diferentes tipos de comida.

10.8.2. Las llamadas de alarma de los monos vervet

Los monos vervet habitan en los bosques de la zona oriental de África y es fácil encontrarlos en los parques nacionales y en las reservas de esa zona. Tienen su hábitat natural tanto en la sabana como en los bosques tropicales. En la década de los sesenta, Struhsaker (1967) estudió la comunicación de estos monos y describió tres tipos de llamadas específicas para tres depredadores distintos. Cada una de las llamadas desencadenaba unas conductas defensivas específicas. Cuando algún miembro del grupo

divisa un leopardo u otro felino de similar tamaño, los individuos adultos de la manada emiten una serie de gritos específicos que se refieren a estos depredadores y el resto de grupo responde subiéndose a los árboles. Cuando se encuentran con un águila marcial o un águila culebrera planeando sobre el cielo o acercándose al lugar donde se encuentran, los individuos adultos que primero la divisan, emiten un grito seco específico y los monos que lo escuchan dirigen la mirada hacia arriba y se escoden debajo de los árboles o los matorrales. De la misma forma, cuando divisan una serpiente, emiten también otro grito específico que hace que el resto de la manada se alce sobre sus patas traseras y miren hacia abajo para tratar de localizar a la serpiente. Parece que estos monos tienen signos específicos para referirse a depredadores específicos.

Los biólogos Seyfarth y Cheney (1984) años más tarde realizaron una serie de experimentos para demostrar si las llamadas de alarma sugeridas por Struhsaker desempeñaban las funciones descritas. Para ello grabaron los gritos específicos en la naturaleza y días después se los reprodujeron en un altavoz a un grupo de estos monos. Las observaciones realizadas por los experimentadores demostraron que los gritos desencadenaban las reacciones de defensas sugeridas por Struhsaker.

Estos gritos emitidos por alguno de los miembros del grupo en presencia de predadores tienen referentes externos bien definidos. Por ejemplo, cuando divisan un ave grande que planea en el cielo suelen emitir el grito del águila cuando se trata de alguno de sus predadores (águila marcial o águila coronada). En cambio, cuando se trata de otro tipo de ave, como el buitre dorsiblanco, un águila rapaz o águila culebrera, normalmente no emiten la señal. Los animales jóvenes aprenden a discriminar cuándo el animal que está sobrevolando es peligroso o no y se sirven para ello del aprendizaje social. Una cuestión que se plantea es cómo actúa la señal de alarma sobre el observador. Probablemente la señal de alarma active una representación del depredador y desencadene la reacción de defensa correspondiente.

10.8.3. Las tradiciones en los primates

Las tradiciones son conductas que se mantienen a lo largo del tiempo y son compartidas por los miembros de un grupo en virtud de los procesos de aprendizaje social (véase Fragatzy y Perry, 2008). Muchos estudios realizados en el medio natural y en el laboratorio han mostrado la existencia de tradiciones en muchas especies animales. Un ejemplo de estas tradiciones lo encontramos en los monos de las nieves (*Macaca fuscata*). Este mono es un tipo de macaco de cara roja que fue introducido en el islote japonés de Koshima para investigar su comportamiento. Kawai (1965) estudió durante varios años la conducta social de estos monos. Una de las cosas que hacía el investigador era esparcir por la playa batatas y trigo para que los monos salieran del bosque, se acercaran a la playa y les pudieran observar más fácilmente. Los monos aprendieron con rapidez que la playa era un lugar donde encontrar comida y pasaban largo tiempo recorriéndola. Durante ese tiempo observaron que una hembra de dos años llamada Imo

comenzó a limpiar la batata con el agua de mar para quitarle la tierra y la arena de la superficie. Cuando supuestamente estaba limpia, se la comía. Otro hecho importante fue que algunos miembros de la manada aprendieron pronto a imitar la conducta de limpiar la batata con agua antes de comérsela. Al cabo de un tiempo, el 80% de los individuos de la manada de 2-7 años de edad realizaban la conducta de lavar la batata con agua de mar. Sólo el 18% de los miembros mayores de 8 años no imitaron esta conducta de Imo. Parece que los individuos jóvenes interaccionaban con los adultos y tenían más oportunidad para observar el comportamiento de sus mayores por lo que aprendían más fácilmente la conducta.

Durante esa época, los granos de trigo los cogían uno a uno de la arena. Pero Imo realizó otra conducta también innovadora. Después de algunos años, la mona comenzó a coger con la mano el trigo mezclado con la arena y a echarlo sobre el agua del mar. El resultado de esta acción era que los granos de trigo flotaban en el agua y la arena se iba al fondo. Luego cogía los granos ya limpios de la superficie del agua y se los comía. Al cabo de un tiempo, la mayoría de los individuos de la manada de entre 2-7 años copiaron la conducta de coger el trigo y lanzarlo al mar junto con la arena. De esta forma, las conductas de lavar las batatas con agua de mar y separar el trigo de la arena forman parte de la tradición de estas manadas de monos. Hoy en día todos los miembros de la manada utilizan la misma técnica para alimentarse.

Otra tradición la encontramos en los chimpancés de Gombe, en el Este de África, que utilizan una varita larga para coger las hormigas soldado. Con una mano sujetan la varilla por la que van subiendo las hormigas para atacar, mientras con la otra las van cogiendo y llevándoselas a la boca. En cambio, en Tai, al Oeste de África, los chimpancés utilizan una vara corta para coger las hormigas soldado, se la llevan a la boca y comen las hormigas con los labios. ¿A qué se deben estas diferencias en el uso de herramientas entre los chimpancés de Gombe y de Tai? No parece haber una explicación clara (véase McGrew, 1992).

Humle y Matsuzana (2002) han estudiado los chimpancés de las regiones de Bousou y Guinea que utilizan varillas de diferente longitud para coger las hormigas legionarias. Según estos autores, tales diferencias se deben fundamentalmente a la conducta de las hormigas. Cuando las hormigas soldado son muy agresivas, los chimpancés utilizan las varillas largas y cuando son menos agresivas, utilizan las varillas cortas. Así pues, para estos autores las diferencias en el uso de las varillas entre los chimpancés de las dos regiones de África, se debería más a cuestiones relacionadas con el comportamiento de las hormigas que con el aprendizaje social.

10.8.4. La imitación en el laboratorio

Se ha realizado una amplia investigación sobre la imitación en el laboratorio utilizando distintas especies animales. Zentall, Sutton y Sherburne (1996) realizaron un experimento con palomas (*Columba livia*). Los animales podían obtener el alimento de dos formas:

presionando una palanca con la pata o picoteándola. El resultado fue que las palomas observadoras realizaban la misma respuesta que su modelo. Es decir, las imitaban.

Por su parte, Akins y Zentall (1996) realizaron un experimento en el que utilizaron un procedimiento similar al anterior de Zendall y cols. (1996), pero con codornices japonesas (*Coturnix japonica*). El resultado encontrado fue el mismo que con las palomas. Las codornices imitaron al modelo realizando la respuesta correspondiente.

Huang, Koski y Dequardo (1983) realizaron un experimento con ratas Long-Evans para estudiar los efectos de la presencia de un congénere sobre el aprendizaje observacional y determinar si las ratas podían aprender por observación o sólo mediante imitación. Utilizaron 3 grupos de ratas (un grupo experimental y dos controles). La primera fase de experimento consistía en una *demostración del modelo*. Se utilizaron dos cajas de Skinner separadas por una pared de plástico transparente. La rata observadora estaba en el compartimento A y la rata modelo en el compartimento B. Los animales del *grupo experimental* (E) eran colocados en el compartimento A de la caja, mientras en el compartimento B una rata modelo entrenada presionaba la palanca en la caja de Skinner para obtener comida, con un programa de reforzamiento de RF2. El grupo *control 1* (C-1) realizó la prueba de la misma manera que el grupo experimental, excepto que el modelo era una rata ingenua experimentalmente. Si la rata modelo presionaba la palanca, no recibía el refuerzo. Los animales del grupo *control 2* (C-2) fueron colocados en la caja A sin ningún congénere en la caja B. Esta fase duraba 30 min.

En la *fase de prueba* se retiraba la rata de la caja B y la rata observadora permanecía en su caja. Los animales de los 3 grupos fueron entrenados a presionar la palanca durante 30 min con un programa de reforzamiento continuo. Los resultados se pueden observar en la figura 10.3. Los datos indican que la presencia de un congénere experto en presionar la palanca durante la fase de observación del modelo facilitó la adquisición de la respuesta en la fase de prueba, donde el modelo estaba ausente (grupo E). No se encontraron diferencias entre los grupos C-1 y C-2. El aprendizaje observacional fue el responsable de la mejor adquisición de la conducta instrumental del grupo E y no la imitación directa, porque los animales del grupo E no tuvieron acceso a la palanca hasta que terminó la fase de observación del modelo, eliminando con ello la posibilidad de la imitación.

También se han realizado estudios con primates no humanos. Se han utilizado chimpancés (*Pan troglodytes*) para determinar si se produce imitación. El procedimiento empleado ha sido entrenar deliberadamente algunas acciones y luego evaluar el efecto de presentar acciones novedosas adicionales. En un estudio realizado por Custance, Whiten y Bard (1995), dos chimpancés fueron entrenados en 15 acciones y luego se les presentaron 48 acciones novedosas. Uno de los chimpancés, llamado Katrina, imitó 13 acciones y el otro, llamado Scott, imitó 17.

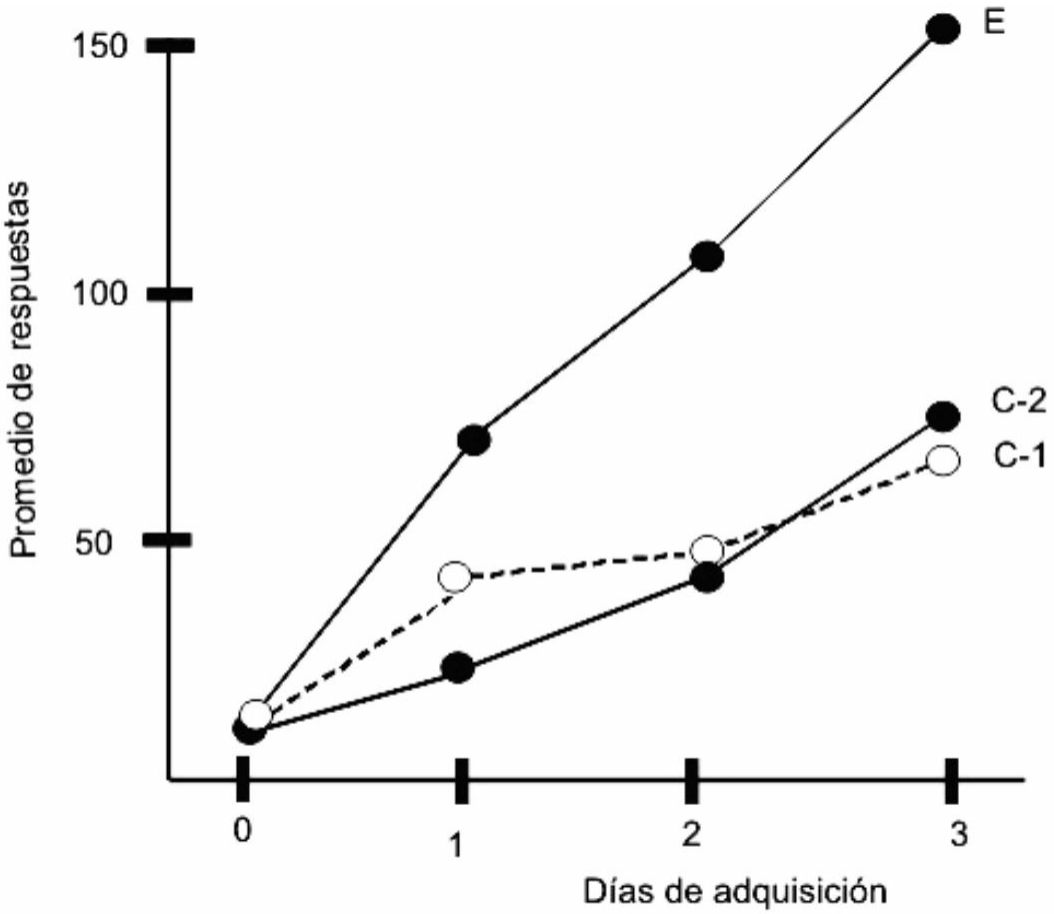


Figura 10.3. Adquisición de la respuesta de presión de palanca a lo largo de los 3 días de prueba. E: grupo experimental; C-1: grupo control 1; C-2: grupo control 2 (Según Huang y cols. 1983).

10.8.5. Teorías de la imitación

Las teorías de la imitación tratan de explicar cómo la observación del comportamiento de otro facilita la producción de movimientos que se igualan a los del modelo.

Heyes y colaboradores han propuesto la *teoría del aprendizaje de la secuencia asociativa* (Heyes, 2001). La teoría sugiere que el problema de correspondencia entre la conducta del modelo y la reproducción del observador se soluciona a través de la intervención de las conexiones excitatorias bidireccionales o "asociaciones verticales", entre las representaciones sensoriales y de la acción motora (véase figura 10.4). Las representaciones sensoriales se activan cuando el sujeto percibe las acciones del modelo a partir de la visión y la audición. Las representaciones motoras contienen órdenes motoras para llevar a cabo la acción y también información somatosensorial (propioceptiva y cinética) que se obtiene cuando se realiza el movimiento. Así pues, la representación sensorial codifica lo que "parece" y la representación motora codifica lo que se siente al realizar la acción. Cuando las representaciones sensorial y motora están relacionadas por una asociación vertical, la activación de las representaciones sensoriales se propaga a las

representaciones motoras. Si los componentes sensoriales y motores representan la misma acción (una asociación vertical que se iguala), la activación de la representación motora hace posible la imitación (Bird y Heyes, 2007).

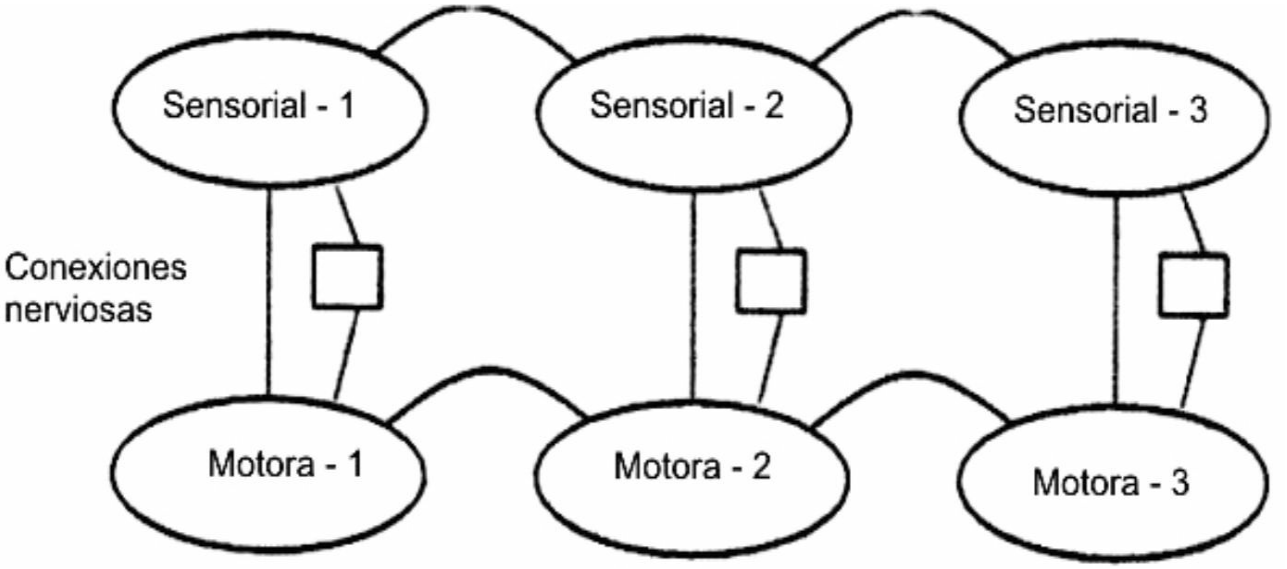


Figura 10.4. Representación esquemática de la teoría del aprendizaje de la secuencia asociativa del aprendizaje de imitación (Según Bird y Heyes, 2007).

En resumen, podemos decir que la imitación implica la combinación de representaciones perceptivas y motoras de la acción y que, una vez combinadas, estas representaciones pueden admitir el aprendizaje de nuevas habilidades motoras, además de la activación de patrones motores preexistentes.

10.9. Resumen

El aprendizaje es un proceso que permite a los animales adquirir, almacenar y usar información acerca de su entorno. Esta información se adquiere por la experiencia propia de los sucesos o por la experiencia de los demás. Muchas especies animales tienen la capacidad de adquirir y usar la información obtenida de la experiencia de otros congéneres. Éste es el aprendizaje social. A veces, la sola presencia de un animal puede influir en el comportamiento de otro.

Se han revisado muchos experimentos en los que las interacciones sociales influyen en la conducta de los animales. Se ha visto la influencia del aprendizaje social en la elección de la comida, en la adquisición de habilidades para la obtención de comida, la evitación de depredadores, la elección de pareja, etc.

Algunos grupos animales tienen sus propias tradiciones que se transmiten

socialmente. Se ha visto cómo algunos animales copian la conducta de otros.

La imitación es un tipo de aprendizaje social que implica aspectos de mayor complejidad que el aprendizaje observacional. La imitación requiere que el animal observador reproduzca con movimientos una conducta que percibió de manera visual o auditiva.

Las tradiciones son conductas que se mantienen a lo largo del tiempo y son compartidas por los miembros de un grupo en virtud de los procesos de aprendizaje social. Muchos estudios realizados en el medio natural y en el laboratorio han mostrado la existencia de tradiciones en algunas especies animales.

Heyes propone la teoría del aprendizaje de la secuencia asociativa para explicar el aprendizaje social. Esta teoría sugiere que el problema de correspondencia entre la conducta del modelo y la reproducción del observador se soluciona a través de la intervención de las conexiones excitatorias bidireccionales o "asociaciones verticales", entre las representaciones sensoriales y de la acción motora. Las representaciones sensoriales se activan cuando el sujeto percibe las acciones del modelo a partir de la visión y la audición. Las representaciones motoras contienen órdenes motoras para llevar a cabo la acción.

El aumento del interés por el aprendizaje social animal en los últimos 20 años resulta prometedor para el conocimiento y el desarrollo del tema.

Bibliografía

Abramson, L.Y., Seligman, M.E.P. y Teasdale, J.D. (1978). Learned helplessness in humans: Crithique and reformulation. *Journal of Abnormal Psychology, 87*, 49-74.

Aguado, L. (2003). Neuroscience of Pavlovian conditioning: A brief review. *Spanish Journal of Psychology, 6*, 155-167.

Akims, C.K., Panicker, S. y Cunningham, C.L. (2005*). Laboratory animals in research and teaching. Ethics, care, and methods*. Washington, DC: APA.

Akins, C. K. y Zentall, T. R. (1996). Imitative learning in male Japanese quail (Coturnix japonica) using the two-action method. *Journal of Comparative Psychology, 110*, 316-320.

Allison, J. (1993). Response deprivation, reinforcement, and economics. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 60*, 129-140.

Anderson, K.G. y Elcoro, M. (2007). Response acquisition with delayed reinforcement in Lewis and Fischer 344 rats. *Behavioural Processes, 74*, 311-318.

Arcediano, F., Escobar, M. y Matute, H. (2001). Reversal from blocking in humans as a result of posttraining extinction of the blocking stimulus. *Animal Learning and Behavior, 29*, 354-366.

Axelrod, S. y Apsche, J. (1983). *The effects of punishment on human behavior*. Nueva York: Academic Press.

Aydin, A. y Pearce, J. M. (1994). Prototype effects in categorization by pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 20*, 264-277.

Azrin, N.H. (1960). Effects of punishment intensity during variable-interval reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 2*, 161-163.

Azrin, N.H. y Holz, W.C. (1961). Punishment during fixed interval reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 4*, 141-148.

Azrin, N.H., Holz, W.C. y Hake, D. (1963). Fixed-ratio punishment. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 6*, 141-148.

Baker, A. G. y Mackintosh, N. J. (1977). Excitatory and inhibitory conditioning following uncorrelated presentations of CS and UCS. *Animal Learning and Behavior, 5*, 315-319.

Bandura, A. (1986). *Social fundations of throught and action: a social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. (Trad. Española: *Pensamiento y acción*. Barcelona: Martínez Roca, 1987).

Barker, A.G. (1976). CS duration, amount, and concentration effects in conditioned taste aversions. *Learning and Motivation, 7*, 265-273.

Beach, F.A.y Jordan, L. (1956). Sexual exhaustion and recovery in the male rat. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 8*, 121-133.

Bersabé, R. y Martínez Arias, R. (2000). Superstition in gambling. *Psychology in Spain, 4*, 28-34.

Betancourt, R., Díaz, C. y Quezada, V. (2008). Claves interoceptivas y exteroceptivas en la tolerancia al efecto atáxico del etanol en ratas. *Psicothema, 20*, 807-811.

Bhough, P. M. (1972). Wavelength generalization and discrimination in the pigeon. *Perception and Psychophysics, 12*, 342-348.

Bird, G. y Heyes, C. (2007). Imitation: thoughts about theories. En C.L. Nehaniv y K. Dautenhahn (Eds.), *Imitation and social learning in robots, humans and animals*. Cambridge: Cambridge University Press.

Black, A. H. (1963). The effects of CS-US interval on avoidance conditioning in the rat. *Canadian Journal of Psychology, 17*, 174-182.

Blought, D.S. (1975). Steady-state data and quantitative model of operant conditioning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 1*, 3-21.

Boakes, R.A. (1984). *From Darwin to behaviorism: Psychology and the minds of animals*. Nueva York: Cambridge University Press. (Trad. Española: *Historia de la psicología animal: de Darwin al conductismo*. Madrid: Alianza, 1989).

Bolles, R.C. (1970). Species-specific defence reactions and avoidance learning. *Psychological Review, 77*, 32-48.

Bonardi, C., Hall, G. y Ong, S. (2005). Analysis of the learned irrelevance effect in appetitive Pavlovian conditioning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. 58B*, 141-162.

Bouton, M. (1993). Context, time, and memory retrieval in the interference paradigms of Pavlovian learning. *Psychological Bulletin, 114*, 80-89.

Bouton, M. y Peck, Ch. (1989). Contexts effects on conditioning, extinction and reistatement in an appetitive conditioning preparation. *Animal Learning and Behavior, 17*, 188-198.

Brandon, S.E., Vogel, E.H. y Wagner, A.R. (2003). Stimulus representation in SOP: I. Theoretical rationalization and some implications. *Behavioural Processes, 62*, 2-26.

Breland, K. y Breland, M. (1961). The misbehavior of organisms. *American Psychologist, 16*, 681-684.

Brown, J.S. y Jacobs, A. (1949). The role of fear in the motivation and acquisition response. *Journal of Experimental Psychology, 39*, 747-759.

Brown, P.L. y Jenkins, H.M. (1968). Auto-shaping of the pigeon's key-peck. *Journal of Experimental Analysis of Behavior, 11*, 1-8.

Brush, F.R. (1972). The effect of intertrial interval on avoidance learning in rat. *Journal of Comprative and Physiological Psychology, 55*, 888-892.

Cerella, J. (1979). Visual classes and natural categories in the pigeon. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 5*, 68-77.

Cerella, J. (1980). The pigeon's analysis of pictures. *Patterns Recognition, 12*, 1-6.

Chang,R.C., Blaisdell, A.P. y Miller, R.(2003). Backward conditioning: Mediation by the context. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Procesess, 29*, 171-183.

Chivers, D.P. y Smith, R.J.F. (1998). Chemical alarm signalling in aquatic predator-prey systems: A review and prospectus. *Ecoscience, 5*, 338-352.

Church, R.M., Lolordo, V,M., Overmier, J.B., Solomon, R.L. y Turner, R.H. (1966). Cardiac responses to shocks in curarized dogs. *Journal of Comparative and Physiologycal Psychology, 62*, 1-7.

Church, R.M., Raymond, G.A. y Beauchamp, R.D. (1967). Response suppression as a function of intensity and duration of punishment. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 63*, 39-44.

Cleland, G.G. y Davey, G.C. (1983). Autoshaping in the rat: The effects of localizable visual and auditory signals for food. *Journal of Experimental Analysis Behavior, 40*, 47-56.

Cobos, P. L. (2005). *Conexionismo y cognición*. Madrid: Pirámide.

Cohen, S. L., Furman, S., Crouse, M. y Kroner, A. L. (1990). Response strength in open and closed economies. *Learning and Motivation, 21*, 316-339.

Cole, R.P. y Miller, R.R. (1999). Conditioned excitation and conditioned inhibition acquired through backward conditioning. *Learning and Motivation, 30*, 129-156.

Cook, M. y Mineka, S. (1989). Observational conditioning of fear to fear-relevant versus fear-irrelevant stimuli in rhesus monkeys. *Journal of Abnormal Psychology, 98*, 448-459.

Cook, M. y Mineka, S. (1990). Selective associations in the observational conditioning of fear in monkeys. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 16*, 372-389.

Cook, R.G., Levison, D., Gillett, S.R. y Blaisdell, A.P. (2005). Capacity and limits of associative memory in pigeons. *Psychonomic Bulletin and Review, 12*, 350-8.

Crespi, L.P. (1942). Quantitative variation of incentive and performance in the white rat. *American Journal of Psychology, 55*, 467-517.

Curio, E., Ernst, U. y Vieth, W. (1978). The adaptive significance of avian mobbing: II. Cultural transmission of enemy recognition in blackbirds: Effectiveness and some constraints. *Zeitschreft für Tier-psychologie, 48*, 194-202.

Custance, D.M., Whiten, A. y Bard, K.A. (1995). Can young chimpanzees (Pan troglodytes) imita-te arbitrary actions? Hayes/Hayes (1952) revisited. *Behaviour, 132*, 835-859.

D'Amato, M.R., Fazzaro, J. y Etkin, M. (1968). Anticipatory responding and avoidance discrimination as factors in avoidance conditioning. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 7*, 41-47.

D'Amato, M. R. y Van Sant, P. (1988). The person concept in monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 14*, 43-55.
Darwin, C. (1859). *On the origin of species by means and natural selection*. Londres: Murray. (Trad. Española: *El origen de las especies*. Madrid: Espasa Calpe, 1988).
Darwin, C. (1871). *The descent of man and selection in relation to sex*. (Trad. Española: *El origen del hombre y la selección en relación al sexo*. Madrid: EDAF, 1982.
Davey, G. C. L. (1988). Pavlovian conditioning in humans: UCS revaluation and the self-observation of responding. *Medical Science Research, 16*, 957-961.
Davis, M. (1974). Sensitization of the rat startle response by noise. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 87*, 571-581.
Davis, M. y Wagner, A.R. (1969). Habituation of startle response under incremental sequence of stimulus intensities. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 67*, 486-492.
Delgado-García, J.M. (2003). Participación del cerebelo y del hipocampo en el condicionamiento clásico del reflejo corneal. *Salud Mental, 26*, 1-10.
Dickinson, A. y Balleine, B. (1994). Motivational control of goal-directed action. *Animal Learning and Behavior, 22*, 1-18.
Dielenberg, R.A. y McGregor, I.S. (1999). Habituation of the hiding response to cat odor in rats. *Journal of Comparative Psychology, 113*, 376-387.
Disnmoor, J.A. (1952). A discrimination based on the punishment. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 4*, 27-45.
Dinsmoor, J.A. (1997). Punishment. En W. O'Donohue (Ed.). *Learning and behavior therapy* (pp.188-204). Boston: Allyn and Bacon.
Dugatkin, L.A. (1992). Sexual selection and imitation: Females copy the mate choice of others. *American Nature, 139*, 1384-1389.
Epstein, L.H., Rodefer, J.S., Wisniewski, L. y Caggiula, A.R. (1992). Habituation and dishabituation of human salivatory response. *Physiology and Behavior, 51*, 945-950.
Erickson, M.T. y Walters, E.T. (1988). Differential expression of pseudoconditiong and sensitization by siphon responses in Aplysia. Novel response selection after training. *Journal of Neuroscience, 8*, 3000-3010.
Fagot. J. (Ed.) (2001). *Picture perception in animals*. Philadelfia, PA: Psychology Press.
Fernández Castro, J. (1979). Las técnicas de inundación (flooding) y la eliminación del miedo. Una revisión de las investigaciones de laboratorio. *Anuario de Psicología, 20*, 57-77.
Ferrándiz, P. y Vicente, F. (1995). Effects of feedback stimulus in fear conditioned with escapable and inescapable shocks in rats. *Psicothema, 7*, 351-360.
Ferrándiz, P. y Vicente, F. (1997). The conditioned attention theory and bifactorial theory on the learned helplessness syndrome in appetitive contexts. *International Journal of Psychology, 32*, 399-408.
Ferster, C.B. y Skinner, B.F. (1957). *Schedules of reinforcement*. New York: Appleton-Century-Crofts.
Fisher, J. y Hinde, R.A. (1949). The opening of milk bottles by birds. *British Birds, 42*, 347-357.
Flaherty, F. y Williams, B.A. (1997). Varieties of contrast: A review of incentive relativity. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 68*, 133-141.
Fragaszy, D.M., Feurstein, J.M. y Fedigan, L.M. (2004). *The complete capuchins*. Cambridge, UK: Cambridge University Press
Fragaszy, D.M., Feurstein, J.M. y Mitra, D. (1997). Transfer of food from adults to infants in tufted capuchins (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology, 111*, 194-200.
Fragaszy, D.M. y Perry, S. (2008). *Biology of traditions: Models and evidence*. Nueva York: Cambridge University Press.
Fragaszy, D.M. y Visalberghi, E. (1996). Social learning in monkeys: primate 'primacy' reconsidered. En C.M. Heyes y B.G. Galef (Eds.), *Social learning in animals: The roots of culture* (pp.65-84). San Diego: Academic Press.
Gächter, S., Renner, E. y Sefton, M. (2008). The long-run benefits of punishment. *Science, 322*, 1510.
Galef, B. G. (1988). Communication of information concerning distant diets in a social, central-place foraging species: *Rattus norvegicus*. En T.R. Zentall y B.G. Galef (Eds.), *Social learning: Psychological and biological perspectives* (pp. 119-140). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Galef, B.G. (1993). Function of social learning about food: A causal analysis of effects of diet novelty on preference transmission. *Animal Behaviour, 47*, 257-265.
Galef, B.G. y Clark, M.M. (1971). Parent-offspring interactions determine time and place of first ingestion of solid food by wild rat pups. *Psychonomic Science, 25*, 15-16.
Galeff, B.G. y Laland, K.N. (2005). Social learning in animals: Empirical studies and theoretical models. *Bioscience, 55*, 489-511.
Galef, B.G. y Sherry, D.F. (1973). Mother's milk: A medium for transmission of cues reflecting the flavor of mother's diet. *Journal of Comparative Physiology, 83*, 374-378.
Galef, B.G. y Whiskin, E.E. (2003). Socially transmitted food preferences can be used to study long-term memory in rats. *Learning and Behaviour, 68*, 897-902.
Galef, B.G. y White, D.J. (1998). Meta-choice copying in Papanese quail, Coturnix japonica. *Animal Behaviour, 55*, 545-552.
Gallistel, C.R. (1990). *The organization of learning*. Cambridge, MA: MIT Press.
García, J. y Koelling, R.A. (1966). Relation of cue to consequence in avoidance learning. *Psychonomic Science, 4*, 123-124.
Glazer, H.I. y Weis, J.M. (1976). Long-term interference effect: An alternative to "learned helplessness". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behaviour Processes, 2*, 202-213.
González, R.C., Gentry, G.V. y Bitterman, M.E. (1954). Relational discrimination of intermediate size in the chimpanzee. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 47*, 385-388.
Gormezano, I., Schneiderman, N., Deaux, E y Fuentes, I. (1962). Nictitating membrane: Classical conditioning and extinction in the albino rabbit. *Science, 138*, 33-34.
Graña, J. y Carrobles, J.A. (1991). Condicionamiento clásico en la adicción. *Psicothema, 3*, 87-96.
Gray, N.S., Willians, J., Fernández, M., Ruddle, R.A., Good, M.A. y Snowden, R.J. (2001). Context dependent latent inhibition in adult humans. *Quarterly Journal of Experimental Psychology B, 54*, 233-245.
Green, L., Fisher, E.B., Perlow, S. y Sherman, L. (1981). Preference reversal and self control: Choice as a function of reward amount and delay. *Behavior Analysis Letters, 1*, 43-51.
Griffin, A.S. (2004). Social learning about predators: A review and prospectus. *Learning and Behavior, 32*, 131-140.
Groves, P. M. y Thompson, R. F. (1970). Habituation: A dual-process theory. *Psychological Review, 77*, 419-450.
Guttman, N. y Kalish, H.I. (1956). Discriminability and stimulus generalization. *Journal of Experimental Psychololgy, 51*, 79-88.
Hall, G. y Pearce, J.M. (1979). Latent inhibition of a CS during CS-US pairings. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 5*, 31-42.
Hammond, L.J. (1980). The effect of contingency upon the appetitive conditioning of free-operant behavior. *American Psychologist, 34*, 297-304.
Hanson, H.M. (1959). Effects of discrimination training on stimulus generalization. *Journal of Experimental Psychology, 58*, 321-34.
Hearst, E. y Jenkins, H.M. (1974). *Sign tracking: The stimulus-reinforcer relation and directed action*. Austin, TX: The Psychonomic Society.
Hearst, E. y Koresko, M.B. (1968). Stimulus generalization and amount of prior training on variable-interval reinforcement. *Journal of Comparative and Physiological Psychology: Animal Behavior Processes, 3*, 37-52.
Hermans, D., Dirikx, T., Vansteenwegenin, D., Baeyens, F.,Van Den Bergh, O. y Eelen, P. (2005). Reinstatement of fear response in human aversive conditioning. *Behavior Research and Therapy, 43*, 533-551.
Herper, P.G. (1988). Adaptive fetal learning: Prenatal exposure to garlic affects postnatal preference. *Animal Behaviour, 36*, 935-936.
Herrnstein, R.J. (1961). Relative and absolute strength of response as a function of frecuency of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 4*, 267-272.
Herrnstein, R.J. (1969). Method and theory in the study of avoidance. *Psychological Review, 76*, 49-69.
Herrnstein, R.J. (1990). Levels of stimulus control: a functional approach. *Cognition, 37*, 133-166.
Herrnstein, R.J. (1997). The *matching law: Papers in psychology and economics*. Cambridge, MA: Harvard

University Press.
Herrnstein, R.J., Loveland, D.H. y Cable, C. (1976). Natural concepts in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior, Processes, 2*, 285-302.
Heyes, C.M. (1993). Imitation, culture and cognition. *Animal Behaviour, 46*, 999-1010.
Heyes, C.M. (2001). Causes and consequences of imitation. *Trends in Cognitive Science, 5*, 253-261.
Hoffman, H.S. y Fleshler, M. (1964). An apparatus for the measurement of the startle-response in the rat. *The American Journal of Psychology, 77*, 307-308.
Holland, P.C. (1977). Conditioned stimulus as a determinant of the form of the Pavlovian conditioned response. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Procvesses, 3*, 77-104.
Holland, P.C. y Rescorla, R.A. (1975). The effect of two ways of devaluing the unconditioned stimulus after first- and second-order appetitive conditioning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 1*, 355-363.
Honig, W.K., Boneau, C.A., Burstein, K.R. y Pennipacker, H.S. (1963). Positive and negative generalization gradient obtained under equivalent training conditions. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 56*, 11-116.
Huang, I.N., Koski, C.A. y Dequardo, J.R. (1983). Observational learning of a bar-press by rats. *Journal of General Psychology, 108*, 103-111.
Huber, L. y Lenz, R. (1993). A test of the linear feature model of polymorphous concept discrimination with pigeons. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 46B*, 1-18.
Hull, C.L. (1943). *The principles of psychology: An introduction to behavior theory*. Nueva York: Appleton Century Crofts.
Humle, T. y Matsuzawa, T. (2002). Ant dipping among the chimpanzees of Bousou, Guinea, and some comparisons with other sites. *American Journal of Primatology, 58*, 133-148.
Hunt, G.R. y Gray, R.D. (2002). Diversification and cumulative evolution in New Caledonian crow tool manufacture. *Proceeding: Biological Sciences, 270*, 867-874.
Jenkins, H.M. y Harrison, R.H. (1960). Effect of discrimination training on auditory generalization. *Journal of Experimental Psychology, 59*, 246-53.
Jenkins, H.M. y Moore, B.R. (1973). The form of the auto-shaped response with food or water reinforcers. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 20*, 163-181.
Johnson, M.W., Bickel, W.K. y Baker, F. (2007). Moderate drug use and delay discounting: A comparison of heavy, light, and never smokers. *Experimental and Clinical Psychopharmacology, 15*, 187-194.
Kamin, L.J. (1969). Predictability, surprise, attention, and conditioning. En B.A. Campbell y R.M. Church (Eds.), *Punishment and aversive behavior* (pp. 242-259). Nueva York: Appleton-Century-Crofts.
Kandel, E, R. (1976). *The cellular basis of behavior: An introduction to behavioral neurobiology*. San Francisco, CA: Freeman.
Kandel. E., Schwartz, J.H. y Jessell, T.M., (1997). *Essentials of neural science and behavior*. Nueva York: Appleton and Lange. (Trad. Española: Neurociencia y conducta. Madrid: Prentice-Hall, 2005).
Kaplan, P.S. (1984). Importance of relative temporal parameters in trace autoshaping: From excitation to inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 10*, 113-126.
Kawai, M. (1965). Nely acquired pre-cultural behaviour of the natural troop of Japanese monkeys on Koshima Islet. *Primates, 6*, 1-30.
Kearns, D.N. y Weiss, S.J. (2007). Contextual renewal of cocaine seeking in rats and its attenuation by the conditioned effects of an alternative reinforcer. *Drug and Alcohol Dependence, 90*, 193-202.
Kenny, P.J. (2007). Brain reward systems and compulsive drug use. *Trends in Pharmacological Sciences, 28*, 3, 135-141.
Lashley, K.S. (1938). The mechanism of vision: XV. Preliminary studies of the rat's capacity for detailed vision. *Journal of General Psychology, 18*, 123-193.
Lashley, K.S. y Wade, M. (1946). The Pavlovian theory of generalization. *Psychological Review, 53*, 72-87.
Lea, S. E. G. (1984). In what sense do pigeons learn concepts? En H. L. Roitblat, T. G. Bever y H. S. Terrace (Eds.), *Animal cognition* (pp. 263-276). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
LeDoux, J.E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience, 23*, 155-584.
Lefebvre, L. (1995). The opening of milk bottles by birds: Evidence for accelerating learning rates, but against

the wave-of-advance model of cultural transmission. *Behavioural Processes, 34*, 43-54.
Limebeer, C.L. y Parker, L.A. (2000). The antiemetic drug ondansetron intereferes with lithiuminduced conditioned rejection reactions, but not lithium induced taste avoidance in rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 26*, 371-384.
López, M., Cantora, R. y Aguado, L. (2004). Retardation and summation tests after extintion: The role of familiarity and generalization decrement. *Psicológica, 25*, 45-65.
Lovibond, P.F. y Dickinson, A. (1982). Counterconditioning of appetitive and defensive CRs in rabbits. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 34B*, 115-126.
Lubow, R. E. (1965). Latent inhibition: Effects of nonreinforced preexposure of the CS. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 60*, 454-457.
Lubow, R.E. y De la Casa, G. (2002). Latent inhibition as a function of schizotypality and gender: implications for schizophrenia. *Biological Psychology, 59*, 69-86.
Lubow, R.E. y Moore, A.U. (1959). Latent inhibition: The effects of non-reinforced preexposure to the conditioned stimulus. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 52*, 415-419.
Lubow, R.E., Weiner, I. y Schnur, P. (1981). Conditioned attention theory. En G. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*. Vol. 15 (1-49). Nueva York: Academic Press.
Mackintosh, N.J. (1973). Stimulus selection: Learning to ignore stimuli that predict no change in reinforcement. En R.A. Hinde y J.S. Hinde (Eds.), *Constraints on learning* (pp. 75-96). Londres: Academic Press.
Mackintosh, N.J. (1975a). A theory of attention: Variations in the associability of stimuli with reinforcement. *Psychological Review, 82*, 276-298.
Mackintosh, N.J. (1997). Has the wheel turned full circle? Fifty years of learning theory, 1946-1996. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *50A*, 879-898.
Maier, S.F., y Seligman, M.E.P. (1976). Learned helplessness: Theory and evidence. *Journal of Experimental Psychology: General, 103*, 3-46.
Marcos, J.L., Ferrándiz, P. y Redondo, J. (2003). Aprendizaje humano y aprendizaje animal: ¿Una o dos psicologías del aprendizaje? *Revista de Psicología General y Aplicada, 56*, 45-59.
Marlin, N.A. y Miller, R.R. (1981). Associations to contextual stimuli as a determinant of long-term habituation. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 7*, 313-333.
Mayorga, P., Albañil, N. y Cómbita, L. (2006). Elección y sustitución de estímulos entre el alcohol y el alimento en ratas: una explicación del consumo de drogas desde el contexto de la economía conductual. *Suma Psicologíca, 13*, 33-50.
Mazur, J.E. (2000). Tradeoffs among delay, rate, and amount of reinforcement. *Behavioural Processes, 49*, 1-10.
McAllister, W.E. y McAllister, D.E. (1995). Two factor theory: Implications for understanding anxiety based clinical phenomena. En W. O'Donohue y L. Krasner (Eds.), *Theories of behavior therapy: Exploring behavior change* (pp. 145-177). Washington, DC: American Psychological Association.
McGrew, W.C. (1992). *Chimpanzee material culture: Implications for human evolution*. Cambridge, U.K: Cambridge University Press.
McLaren, I.P.L., Kaye, H. y Mackintosh, N.J. (1989). An associative theory of the representation of stimuli: Applications to perceptual learning and latent inhibition. En R.G. M. Morris (Ed.), *Parallel distributed processing: Implications for psychology and neurobiology* (pp. 102-130). Oxford: Clarendon Press.
Menzies, R.G. y Clarke, J.C. (1993). The etiology of fear of heights and its relationship to severity and individual response patterns. *Behaviour Research and Therapy, 31*, 355-365.
Mikulincer, M. (1994). *Human learned helplessness*. Nueva York: Plenum Press.
Miller, V. y Domjan. M. (1981). Selective sensitization induced by lithium malaise and footshock in rats. *Behavioral and Neural Biology, 31*, 42-55.
Miller, N.E. y Kessen, M.L. (1952). Reward effects of food via stomach fistula compared with those of food via mouth. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 45* 550-564.
Mineka, S. y Cook, M. (1986). Immunization against the observational conditioning of snake fear in rhesus monkeys. *Journal of Abnormal Psychology, 95*, 307-318.
Mineka, S. y Cook, M. (1988). Social learning and the adquisition of snake fear in monkeys. En T:R: Zendall y B.G. Galef (Eds.), *Social learning: Psychological and biological perspectives* (pp. 51-73). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Mineka, S., Davidson, M., Cook, M. y Keir, R. (1984). Observational conditioning of snake fear in rhesus monkeys. *Journal of Abnormal Psychology 93*, 355-72.

Mineka, S. y Oehlberg, K. (2008). The relevance of recent developments in classical conditioning to understanding the ethiology and maintenance of anxiety disorders. *Acta Psychologica, 127*, 567-580.

Mineka, S. y Öhman, A. (2002a). Phobias and preparedness: The selective, automatic and encapsulated nature of fear. *Biological Psychiatry, 52*, 927-937.

Mineka, S. y Zinbarg, R. (2006). A contemporary learning theory perspective on the etiology of anxiety disorders: It's not what you thought it was. *American Psychologist, 61*, 10-26.

Mineka, S., Gunnar, M. y Champoux, M. (1986). Control and early socioemotional development: Infant rhesus monkeys reared in controllable versus uncontrollable environments. *Child Development, 57*, 1241-1256.

Minor, T.R., Dess, N. y Overmier, B. (1991). Inverting the traditional view of "learned helplessness". En M. R. Denny (Ed.), *Fear, avoidance and phobias* (pp.87-134). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Morris, R.W. y Bouton, M.E. (2006). Effect of unconditioned stimulus magnitude on the emergence of conditioned responding. *Journal o Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 32*, 471-485.

Mowrer, O.H. (1960). *Learning theory and behavior*. Nueva York: Willey.

Myers, T.M., Cohn, S.I. y Clark, M.G. (2005). Acquisition and performance of two-way shuttlebox avoidance: Effects of aversive air intensity. *Learning and Motivation, 36*, 312-321.

O'Donohue, W. (Ed.) (1998). *Learning and beavior therapy*. Boston, MA: Pearson.

Öhman, A. y Mineka, S. (2001). Fears, phobias, and preparedness: Toward an evolved module of fear and fear learning. *Psychological Review, 108*, 483-522.

Öhman, A. y Soares, J.J.F. (1993). On the automaticity of phobic fear: conditioned skin conductance responses to masked phobic stimuli. *Journal of Abnormal Psychology, 102*, 121-132.

Öhman, A. y Soares, J.J.F. (1994). Unconscious anxiety: phobic responses to masked stimuli. *Journal of Abnormal Psychology, 103*, 231-240.

Olds, J. y Milner, P. (1954). Positive reinforcement produced by electrical stimulation of septal area and other regions of rat brain. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 47*, 419-427.

Overmier, J.B. (1985). Toward a reanalysis of the causal structure of the learned helplessness syndrome. En F.R. Brush y J.B. Overmier (Eds.), *Affect, conditioning, and cognition: Essays on the determinants of behavior*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Pavlov, I.P. (1927). *Coditioned reflexes*. Londres: Oxford University Press.

Pearce, J.M. (1987). A model for stimulus generalization of Pavlovian conditioning. *Psychological Review, 94*, 61-73.

Pearce, J.M. (1989). The acquisition of an artificial category by pigeons. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 41B*, 381-406.

Pearce, J.M. y Bouton, M.E. (2001). Theories of associative learning in animals. *Annual Review of Psychology, 52*, 111-39.

Pearce, J.M. y Hall, G. (1980). A model for Pavlovian learning: Variations in the effectiveness of conditioned but not of unconditioned stimuli. *Psychologial Review, 87*, 532-552.

Peeke, H.V. y Petrinovich, L. (1984). *Habituation, sensitizacion, and behavior*. Orlando, Florida: Academic Press.

Peeke, H.V. y Veno, A. (1973). Stimulus specificity of habituated aggression in the stickleback (*Gasterosteus aculeatus*). *Behavioral Biology, 8*, 427–432.

Pelegrini, S. y Mustaca, A. (2000). Consummatory succesive relative contrast with solid food. *Learning and Motivation, 21*, 200-209.

Persaud, K.N. y Galef, B.G. (2005). Eggs of a female quail are more likely to be fertilized by a male that she prefers. *Journal of Comparative psychology, 119*, 251- 256.

Pilz, P.K.D. y Schnitzler, H.U. (1996). Habituation and sensitization of the acoustic startle response in rats: Amplitude, threshold, and latency measures. *Neurobiology of Learning and Memory, 66*, 67-79.

Posner, M.I. y Keele, S.W. (1968). On the genesis of abstract ideas. *Journal of Experimental Psychology, 77*, 353-363.

Poulton, R. y Menzies, R.G. (2002). Non-associative fear adquisition: a review of the evidence from retrospective and longitudinal research. *Behaviour Research and Therapy, 40*, 127-149.

Premack, D. (1959). Toward empirical behavioral laws: I. Positive reinforcement. *Psychological Review, 66*, 219-233.
Premack, D. (1962). Reversibility of the Reinforcement Relation. *Science*, *136*, 255-257.
Premack, D. (1965). Reinforcement theory. En D. Levine (Ed.), *Nebraska Symposium on Motivation Theory* (pp. 129-148). Lincoln, Nebraska: University of Nebraska Press.
Rachlin, H. (2006). Notes on discounting. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 85*, 425-435
Razran.G. (1971). *Mind in evolution*. Nueva York: Hounghton Mifflin.
Reed, P. (1991). Multiple determinants of the effects of reinforcement magnitude on free-operant response rates. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 55*, 109-123.
Remington, B., Roberts, P. y Glautier, S. (1997). The effect of drink familiarity on tolerance to alcohol. *Addictive Behaviors, 22*, 45-53.
Rescorla, R.A. (1973). Effect of US habituation fallowing conditioning. Journal of *Comparative and Physiological Psychology, 82*, 173-143.
Rescorla, R.A. (1974). Effect of inflation of the unconditioned stimulus value following conditioning. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 86*, 1001-106.
Rescorla, R.A. (1996). Spontaneous recovery alter training with multiple outcomes. *Animal Learning and Behavior, 24*, 450-458.
Rescorla, R.A. (2001). Exprimental extinction. En R.R. Mowrer y S.B. Klein (Eds.), *Handbook of comtemporary learning theories* (pp.119-154). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
Rescorla, R.A. y Wagner, A.R. (1972). A theory of Pavlovian conditioning: Variations in the effectiveness of reinforcement and nonreinforcement. En A.H. Black y W.F. Prokasy (Eds.), *Classical conditioning II: Current research and theory* (pp. 64-99). Nueva York: Appleton-Century-Crofts.
Rosas, J.M. (Ed.). (2002). *Teorías asociativas del aprendizaje*. Jaén: Del Lunar.
Routtenberg, A. y Lindy, J. (1965). Effects of the availability of rewarding septal and hypothalamic stimulation on bar pressing for food under conditions of deprivation. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 60*, 158-161.
Sahakian, W.S. (1975). *History and systems of psychology*. Nueva York: Schenkman (Trad. Española: *Historia y sistemas de la psicología*. Madrid: Tecnos, 1982).
Schmajuk, N. (2002). *Latent inhibition and its neural substrates*. Berlín: Springer.
Schneiderman, N., Fuentes, L. y Gormezano, I. (1962). Acquisition and extinction of the classically conditioned eyelid response in the albino rat. *Science, 136*, 650-652.
Seligman, M.E.P. (1970). On the generality of the laws of learning. *Psychological Review, 77*, 406- 418.
Seligman, M.E.P. (1971). Phobias and preparedness. *Behavior Therapy, 2*, 307-320.
Seligman, M.E.P. y Groves, D. (1970). Non-transient learned helplessness. *Psychonomic Sciences, 19*, 191-192.
Seligman, M. E. y Maier, S.F. (1967). Failure to escape traumatic shock. *Journal of Experimental Psychology, 74*, 1-9.
Seligman, M. E., Schulman, P. y Tryon, A. M. (2007). Group prevention of depression and anxiety symptoms. *Behavioral Research and Therapy, 45*, 11-26.
Seyfarth, R.M. y Cheney, D.L. (1993). Meaning, reference, and intentionality in the natural vocalizations of monk. En H.L. Roitblat, L.M. Herman y P.E. Nachtigall (Eds.), *Language and communications: Comparative perspectives* (pp. 195-219). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
Sheffield, F.D. (1954). *A drive-reduction theory of reinforcement*. New Haven, CT: Yale University.
Sheffield, F.D. y Roby, T.B. (1950) Reward value of a non-nutritive sweet taste. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 43*, 471-481.
Sheffield, F.D., Wulff, J.J. y Backer, R. (1951). Reward value of copulation without sex drive reduction. *Journal for Comparative and Physiological Psychology, 44*, 3-8.
Sherry, D.F. y Galef, B.G. (1984). Cultural transmission without imitation: Milk bottle opening by birds. *Animal Behaviour, 32*, 937-938.
Sherry, D.F. y Galef, B.G. (1990). Social learning without imitation: More about milk bottle opening by birds. *Animal Behaviour, 32*, 937-938.
Sidman, M. (1962). Reduction of shock frequency as reinforcement for avoidance behavior. *Journal of the Experimental Animal Behavior, 5*, 247-257.

Siegel, S. (1977). Morphine tolerance acquisition as an associative process. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 3*, 1-13.

Siegel, S. (2001). Pavlovian conditioning and drug overdose: When tolerance fails. *Addiction Research and Theory, 9*, 503-513.

Silva, K.M. y Timberlake, W. (1998). The organization and temporal properties of appetitive behavior in rats. *Animal Learning and Behavior, 26*, 182-195.

Skinner, B.F. (1938). *Behavior of organisms: An experimental analysis*. Nueva York: Appelton Century Crofts. (Trad. Española: *La conducta de los organismos*. Madrid: Martínez Roca, 1975).

Skinner, B.F. (1948). "Superstitious" in the pigeon. *Journal of Experimental Psychology, 38*, 168-172.

Smith, J.C. y Roll, D.L. (1967). Trace conditioning with x-rays as an aversive stimulus. *Psychonomic Science, 9*, 11-12.

Smith, M.C., Coleman, S.R. y Gormezano, I. (1969). Classical conditioning of the rabbit's nictitating membrane response at backward, simultaneous and forward CS-US intervals. *Journal of the Comparative and Physiological Psychology, 69*, 226-231.

Smotherman, W.P. (1982). In utero chemosensory experience alters taste preferenses and corticosterone responsiveness. *Behavioral and Neural Biology, 36*, 61-68.

Sokolov, Y.N. (1966). Orienting reflex as information regulator. En S.N. Leontiev, A.R. Luria, I.N. Sokolov y O.S. Vinogradova (Eds.), *Psychological research in the USSR*. Vol I (pp. 334-360). Moscú: Progress Publisshers.

Solomon, P.R., Blanchard, S., Levine, E., Velázquez, E. y Groccia-Ellison, M. (1991). Attenuation of age-related conditioning déficits in humnas by extensión of the interstimulus interval. *Psychology and Aging, 6*, 36-42.

Solomon, R.L. y Corbit, J.D. (1974). An opponent-process theory of motivation: I. Temporal dynamics of affect. *Psychological Review, 81*, 119-143.

Spence, K.W. (1936). The nature of discrimination learning in animals. *Psychological Review, 54*, 1-8.

Spetch, M.L. (1995). Overshadowing in landmark learning: touch-screen studies with pigeons and humans. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 21*, 166-81.

Spetch, M. L. y Friedman, A. (2003). Recognizing rotated views of objects: interpolation versus generalization by humans and pigeons. *Psychonomic Bulletin and Review, 10*, 135-140.

Squire, L.R. y Kandel, E.R. (2000). *Memory. From mind to molecules*. Nueva York: Owl Books.

Staddon, J.E.R. y Simmelhag, V. L. (1971). The "superstition" experiment: A reexamination of its implications for the principles of adaptive behavior. *Psychological Review, 78*, 3-43.

Steiniger, F. (1950). Beitrage zur Soziologie und sonstigen *Biologie der Wanderratte. Zeitschrift für Tierpsychologie, 7*, 356-370.

Stevenson, R.J., Boakes, R.A. y Wilson, J.P. (2000). Counter-conditioning following human odortaste and color-taste learning. *Learning and Motivation, 31*, 114-127.

Struhsaker, K. (1967). Auditory communication among vervet monkeys (*Cerrcopithecus aetiops*). En S.A. Altman (Ed.). *Social communication among primates* (281-324). Chicago: University of Chicago Press.

Suboski, M.D., Bain, S., Carty, A.E., McQuoid, L.M. Seelen, M.I. y Seifert, M. (1990). Alarm reaction in acquisition and social transmission of simulated-predator recognition by zebra danio fish (*Brachydanio rerio*). *Journal of Comparative Psychology, 104*, 101-112.

Sutherland, N.S. y Mackintosh, N.J. (1971). *Mechanisms of animal discrimination learning*. Nueva York: Academic Press.

Tebbich, S., Taborsky, M., Fessl, B. y Blumqvist, D. (2001). Do woodpecker finches acquire tool use by social learning? *Proceedings: Biological Sciences, 268*, 2189-2193.

Theios, J., Lynch, A.D. y Lowe, W.F. (1966). Differential effects of shock intensity on one way and shuttle avoidance conditioning. *Journal of Experimental Psychology, 72*, 294-299.

Thomas, D.R., Windell, B.T., Bakke, I., Kreye, J., Kimose, E. y Aposhyan, H. (1985). Long-term memory in pigeons: I. The role of discrimination problem difficulty assessed by reacquisition measures. II. The role of stimulus modality assessed by generalization slope. *Learning and Motivación, 16*, 464-477.

Thompson, R.F. y Glanzman, D.L. (1976). Neural and behavioral mechanisms of habituation and signification. En T.J. Tighe y R.N. Leaton (Eds.), *Habituation*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Thorndike, E.L. (1911). *Animal intelligence: An experimental study of the associative process in animals*. Nueva York: McMillan.

Timberlake, W. (1983). The functional organization of appetitive behavior: Behavior systems and learning. En M.D. Zeiler y P. Harzem (Eds.), *Advances in the analysis of behavior*: *Vol. 3. Biological factors in learning*, (pp. 177-221). Chichester: Wiley.

Timberlake, W., Wahl, G. y King, D. (1982). Stimulus and response contingencies in the misbehavior of rats. *Journal of the Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 8*, 62-85.

Tobeña, A. (1979). Adquisición y extinción del condicionamiento de evitación. Efectos de la intensidad y del choque eléctrico. *Aprendizaje y Comportamiento, 2*, 123-147.

Tolman, E.C. y Honzik, C.H. (1930b). Introduction and removal of reward and maze performance in rats. *University California Publishing Psychology, 4*, 257-275.

Tomie, A. (1981). Effects of unpredictable food upon the subsequent acquisition of autoshaping: Analysis of the context blocking hypothesis. En C.M. Locurto, H.S. Terrace y J. Gibbon (Eds.), *Autoshaping and conditioning theory* (pp. 181-215). Nueva York: Academic Press.

Valenstein, E.S. y Beer, B. (1964). Continuous opportunity for reinforcing brain stimulation. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 7*, 183-184.

Vicente, F. y Díaz-Berciano, C. (2005). Efecto de la dominancia diádica sobre la indefensión aprendida. *Psicothema, 17*, 292-296.

Vicente, F., Ferrándiz, P. y Díaz-Berciano, C. (2006). Immunization and facilitation produced by predictable and controllable aversive events alternating with different duration aversive events unpredictable and uncontrollable. *International Journal of Psychology, 41*, 385- 396.

Visalberghi, E. y Fragaszy, D. (1995). The behavior of capuchins monkeys (*Cebus apella*) with food: The role of social context. *Animal Behaviour, 49*, 1098-1095.

Vogel, E.H., Soto, F.A., Castro, M.E. y Solar, P. A. (2006). Modelos matemáticos del condicionamiento clásico: Evolución y desafíos actuales. *Revista Latinoamericana de Psicología, 38*, 215-243.

Volkert, V.M., Lerman, D.C. y Vorndran, C. (2005). The effects of reinforcement magnitude on functional analysis outcomes. *Journal of Applied Behavior Analysis, 38*, 147-162.

Wagner, A.R. (1969). Stimulus validity and stimulus selection in associative learning. En N.J. Mackintosh y V.K. Honig (Eds.), *Fundamental issues in associative learning* (pp. 90-122). Halifax: Dalhousie University Press.

Wagner, A.R. (1978). Expectancies and the priming of STM. En S. H. Hulse, H. Fowler, y W. K. Honig (Eds.), *Cognitive processes in animal behavior* (pp. 177-209). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Wagner, A.R. (1981). SOP: A model of automatic memory processing in animal behavior. En N.E. Spear y R.R. Miller (Eds.), *Information processing in animals: Memory mechanisms* (pp. 5-48). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Wagner, A.R. y Brandon, S.E. (1989). Evolution of a structured connectionist model of Pavlovian conditioning (ASEOP). En S.B. Klein y R.R. Mowrer (Eds.), *Contemporary learning theories: Pavlovian conditioning and the status of traditional learning theory* (pp. 149-189). Hillsdale, NJ: Laawrence Erlbaum Associates.

Wagner, A.R., Logan., F.A., Haberlant, K. y Price, T. (1968). Stimulus selection in animal discrimination learning. *Journal of Experimental Psychology, 76*, 177-186.

Wahlsten, D. L. y Cole, M. (1972). Classical and avoidance training of leg flexion in the dog. En A. H. Black e I. F. Prokasy (Eds.), *Classical conditioning II: Current research and theory* (pp. 379-408). Nueva York: Appleton-Century-Crofts.

Waller, T.G. (1973). Effect of consistency of reward during runway training on subsequent discrimination performance in rats. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 83*, 120-123.

Watson, J.B. (1913**).** Psychology at the behaviorist views it. *Psychological Review, 20*, 158-187.

Watson, J.B. y Rayner, R. (1920). Conditioned emotional reactions. *Journal of Experimental Psychology, 3*, 1-14.

Watts, D.P. (1885). Observations on the ontogeny of feeding behavior in mountain gorillas (*Gorilla gorilla beringei*). *American Journal of Primatology, 8*, 1-10.

Weiss, J.M., Glazer, H.I. y Pohorecky, L.A. (1974). Neurotransmitter and helplessness: A chemical bridge to depression? *Psychology Today*, *18*, 58-62.

Welker, R.L. y Wheatley, K.L. (1977). Differential acquisition of conditioned suppression in rats with increased and decreased luminance levels as CS+s. *Learning and Motivation, 8*, 247-262.

Yela, M. (1980). *Evolución del conductismo*. Análisis y Modificación de Conducta, 6, 147-179.
Yerkes, R.M. y Morgulis, S. (1909). The method of Pawlow in animal psychology. *The Psychological Bulletin, 6*, 257-273.
Zentall, T. R., Sutton, J. E. y Sherburne, L. M. (1996). True imitative learning in pigeons. *Psychological Science, 7*, 343-346.
Zohar, O. y Terkel, J. (1996). Social and environmental factors modulate the learning of pine-cone stripping techniques by black rats (*Rattus rattus*). *Animal Behavior, 51*, 611-618.

Nota bibliográfica

Con el propósito de poner en práctica unos principios ecológicos, económicos y prácticos, el listado completo y actualizado de las fuentes bibliográficas específicas para cada uno de los capítulos de este libro se encuentra disponible en la página web de la editorial: **www.sintesis.com**.

Las personas interesadas se lo pueden descargar y utilizar como más les convenga: conservar, imprimir, utilizar en sus trabajos, etc.

Índice

Portada 2
Créditos 7
Índice 8
1. ¿Que es el aprendizaje? 13
1.1. Introducción 13
1.2. Relevancia del aprendizaje 14
1.3. Perspectiva histórica del estudio de la psicología del aprendizaje 15
1.3.1. Influencias de la filosofía 15
1. 3.2. El evolucionismo y la psicología comparada 18
1.3.3. La reflexología rusa 20
1.3.4. Edward L. Thorndike 22
1.3.5. La teoría del aprendizaje y de la conducta 23
1.3.6. La teoría de la Gestalt 24
1.3.7. La era de las teorías globales: el neoconductismo 25
1.3.8. La metáfora del procesamiento de la información 29
1.3.9. La metáfora de las redes neuronales 31
1.4. El concepto de aprendizaje 32
1.4.1. Relación del aprendizaje con otros procesos psicológicos básicos 35
1.4.2. Aprendizaje y práctica 36
1.4.3. El aprendizaje como fenómeno biológico 36
1.4.4. Procesos generales de aprendizaje y procesos especializados 37
1.4.5. Dificultades con la idea de procesos generales de aprendizaje 38
1.4.6. Aprendizaje animal y aprendizaje humano 39
1.4.7. El empleo de animales en la investigación sobre aprendizaje 39
1.5. Resumen 41
2. Aprendizaje no asociativo: habituación y sensibilización 43
2.1. Introducción 43
2.2. Relevancia del aprendizaje no asociativo 44
2.3. Habituación 45
2.3.1. Diferencias entre habituación, adaptación sensorial y fatiga muscular 46
2.3.2. Memoria en la habituación 47
2.3.3. Metodología en el estudio de la habituación 47

2.3.4. Propiedades de la habituación 49
2.3.5. Variables que influyen en la habituación 57
2.4. Sensibilización 59
2.4.1. Sensibilización incremental 59
2.4.2. Pseudocondicionamiento 60
2.4.3. Propiedades de la sensibilización 61
2.4.4. Parámetros de la sensibilización 62
2.5. Neurobiología del aprendizaje no asociativo 65
2.5.1. Plasticidad neuronal y aprendizaje 65
2.6. Teorías explicativas de la habituación y sensibilización 70
2.6.1. La teoría de los dos procesos 70
2.6.2. Teoría del proceso oponente 72
2.6.3. Teoría del comparador del estímulo 76
2.7. Resumen 77
3. Condicionamiento clásico 79
3.1. Introducción 79
3.2. Concepto de condicionamiento clásico 80
3.3. Elementos del condicionamiento clásico 82
3.4. Metodología experimental para estudiar el condicionamiento clásico 84
3.4.1. Condicionamiento de parpadeo 85
3.4.2. Condicionamiento de miedo 86
3.4.3. Aversión condicionada al sabor 88
3.4.4. Automoldea-miento 89
3.5. Medida del condicionamiento 90
3.6. Medida de la respuesta condicionada 91
3.7. El control experimental en el condicionamiento clásico 91
3.8. Tipos de condicionamiento clásico 91
3.9. Relación temporal entre el EC y el EI 93
3.10. Condicionamiento clásico inhibitorio 96
3.10.1. Procedimientos de condicionamiento inhibitorio 97
3.10.2. Cómo medir la inhibición condicionada 99
3.11. Fenómenos básicos del condicionamiento clásico 100
3.11.1. Adquisición 100
3.11.2. Extinción 101
3.11.3. Recuperación de la respuesta extinguida 101

3.11.4. Generalización 104
3.11.5. Discriminación 105
3.12. Fenómenos especiales de condicionamiento 105
3.12.1. Precondicionamiento sensorial 105
3.12.2. Condicionamiento de orden superior 106
3.12.3. Contracondicionamiento 107
3.13. Resumen 108
4. Condiciones del entrenamiento que afectan al condicionamiento clásico 110
4.1. Intervalo entre estímulos 110
4.2. Duración del EC 110
4.3. Intensidad del EC 111
4.4. Tipo de EC 112
4.5. Valor informativo del EC 113
4.5.1. Contingencia entre el EC y el EI 113
4.5.2. Bloqueo 117
4.6. Novedad del EC y del EI 121
4.6.1. Efecto de la exposición previa al EC: inhibición latente 121
4.6.2. Efecto de la exposición previa al EI 126
4.6.3. Efecto de la exposición previa al EC y al EI: irrelevancia aprendida 126
4.7. Semejanza entre el EC y el EI 128
4.8. Relevancia EC-EI 128
4.9. Intensidad EI 130
4.10. Tipo de EI 131
4.11. Intervalo entre ensayos 131
4.12. Aplicaciones del CC 132
4.12.1. La adquisición de miedos 132
4.13. Resumen 139
5. Aspectos teóricos del condicionamiento clásico 142
5.1. Representaciones de las asociaciones 142
5.1.1. El modelo de sustitución de estímulos: aprendizaje E-R 142
5.1.2. Modelo de asociación estímulo-estímulo: aprendizaje EE 144
5.1.3. Condicionamiento de las respuestas compensatorias 148
5.1.4. Condicionamientos preparatorio y consumatorio 149
5.2. Modelos asociativos del aprendizaje 151

5.2.1. Modelo de Rescorla y Wagner 151
5.2.2. Modelo atencional de Mackintosh 158
5.2.3. Modelo de Pearce y Hall 160
5.2.3. Modelo SOP de Wagner 162
5.3. Bases neurobiológicas del condicionamiento clásico 167
5.3.1. Estudios en invertebrados 167
5.3.2. Estudios en mamíferos 169
5.4. Resumen 171
6. Condicionamiento instrumental 173
6.1. Introducción 173
6.2. Condicionamientos clásico e instrumental 173
6.3. Antecedentes históricos del condicionamiento instrumental 174
6.4. Elementos del condicionamiento instrumental 180
6.5. Principios básicos del condicionamiento instrumental 183
6.5.1. Adquisición 183
6.5.2. Extinción 184
6.5.3. Discriminación 185
6.5.4. Generalización 185
6.6. Tipos de condicionamiento instrumental 185
6.6.1. Entrenamiento de reforzamiento positivo 186
6.6.2. Omisión 187
6.6.3. Castigo 188
6.6.4. Entrenamiento de reforzamiento negativo 188
6.7. Relación respuesta-refuerzo 188
6.7.1. Relación temporal respuesta-refuerzo 189
6.7.2. Relación de contingencia respuesta-refuerzo 189
6.8. Conducta supersticiosa 190
6.8.1. Revisión del experimento de superstición de Skinner 191
6.9. Variables que influyen en el condicionamiento instrumental 193
6.9.1. Nivel de motivación interna 193
6.9.2. Características de la respuesta 193
6.9.3. Magnitud del refuerzo 195
6.9.4. Demora del refuerzo 197
6.9.5. Efectos de contraste del refuerzo 197
6.10. Resumen 198

7. Programas de reforzamiento 201
7.1. Introducción 201
7.2. Programas simples de reforzamiento 201
7.3. Programas de reforzamiento de tasas de respuestas 205
7.4. Programas compuestos 206
7.5. Programas concurrentes: La conducta de elección 206
7.6. Programas concurrentes encadenados 211
7.7. Teorías del reforzamiento 216
7.7.1. Teoría de la reducción del impulso 217
7.7.2. La estimulación eléctrica cerebral reforzadora 218
7.7.3. Teoría de la respuesta consumatoria 219
7.7.4. Teoría de Premack 220
7.7.5. Teoría de la privación de la respuesta 222
7.7.6. Teoría de la regulación conductual 223
7.8. Economía conductual 224
7.9. Resumen 227
8. Control aversivo de la conducta 230
8.1. Introducción 230
8.2. Distinción entre refuerzo negativo, castigo y extinción 231
8.3. Metodología experimental 232
8.4. Condicionamiento de escape 233
8.5. Condicionamiento de evitación 234
8.5.1. Variables 238
8.5.2. Extinción de la respuesta de evitación 239
8.5.3. Teorías explicativas de la evitación 240
8.6. El castigo 245
8.6.1. Variables 245
8.6.2. Aplicaciones del castigo fuera del laboratorio 250
8.7. Estimulación aversiva no contingente 251
8.7.1. La indefensión aprendida 251
8.8. Resumen 258
9. Procesos de generalización y discriminación 260
9.1. Introducción 260
9.2. El gradiente de generalización del estímulo 262
9.2.1. Interacción excitatorio-inhibitorio: el desplazamiento del vértice 265

9.2.2. Teorías de la generalización 268
9.2.3. Variables que afectan al gradiente de generalización 271
9.3. Aprendizaje discriminativo 273
9.3.1. Procedimientos de discriminación 274
9.3.2. Teorías de la discriminación 275
9.4. La categorización 283
9.4.1. Teorías de la categorización 283
9.5. Resumen 287
10. Aprendizaje social 289
10.1. Introducción 289
10.2. Importancia del aprendizaje social 290
10.3. Elementos del aprendizaje social 291
10.4. Aprendizaje social sobre las cosas que se comen 292
10.5. Aprendizaje social de cómo conseguir comida 298
10.6. Aprendizaje social del miedo a los depredadores 300
10.7. Papel del aprendizaje social en la elección de pareja 301
10.8. La imitación 302
10.8.1. La imitación en la naturaleza 302
10.8.2. Las llamadas de alarma de los monos vervet 303
10.8.3. Las tradiciones en los primates 304
10.8.4. La imitación en el laboratorio 305
10.8.5. Teorías de la imitación 307
10.9. Resumen 308
Bibliografía 310